3 ELETRÔNICA RÁDIO E TV

SUMÁRIO

3ª LIÇÃO TEÓRICA

RESISTORES

1) O que é resistor
2) Especificações dos resistores
3) Classificação dos resistores

- Resistores fixos
- Resistores com derivação
- Resistores ajustáveis ou semifixos
- Resistores variáveis - Potenciômetros
- Especificações dos potenciômetros
- Resistores especiais
- Valores normalizados de resistores

3ª LIÇÃO PRÁTICA

RESISTORES

I - Identificação de resistores
II - Potência de dissipação nominal do resistor
III - Resistores especiais
IV - Associação de resistores

3ª LIÇÃO ESPECIAL

CÁLCULOS EM CORRENTE CONTÍNUA

I - Lei de Ohm
II - Cálculo de potência
III - Transformação das fórmulas da potência
IV - Transformação de watt em HP e vice-versa
V - Associação de resistores

4ª LIÇÃO ESPECIAL
ACESSÓRIOS USADOS EM RADIOTÉCNICA (1ª PARTE)

Chassi
Condutores
Conectores
Plugues e soquetes (tomadas)
Plugues e jaques

CURSO DE ELETRÔNICA BÁSICA RÁDIO-TV

3ª LIÇÃO TEÓRICA

RESISTORES

Introdução

Com esta aula, estamos iniciando o estudo dos elementos passivos dos circuitos eletrônicos. Começaremos por descrever o resistor, que é o mais popular dos componentes eletrônicos e cuja área de aplicação é enorme, pois vai desde cabos submarinos até os complexos computadores e satélites artificiais, sem mencionarmos os aparelhos de rádio, TV, amplificadores, etc. A aparência real de um resistor é mostrada na figura 1.

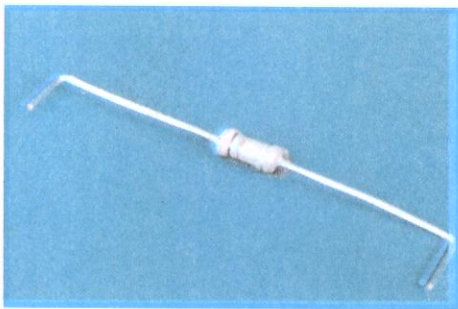



Figura 1 - Aparência de um resistor.

1) O que é resistor

Vimos, nas aulas anteriores, que a propriedade que tem qualquer corpo de se opor à passagem das cargas elétricas é chamada de resistência. Todo corpo tem uma determinada resistência elétrica, mas, quando esse corpo é escolhido com a finalidade exclusiva de introduzir resistência, ele recebe o nome de resistor.

Os resistores são utilizados nos mais variados circuitos, como afirmamos mais acima, mas suas funções principais são: limitar fluxo de corrente e dividir ou diminuir tensão.

Em calefação (aquecimento), o resistor tem outra utilidade, que é a de produzir calor. São as chamadas "resistências" de ferro de passar, ferro de soldar, fogareiro, chuveiro, etc. Todavia, em eletrônica, o resistor normalmente não é usado com essa finalidade.

2) Especificações dos Resistores

Por especificação de um componente, o aluno deve entender uma série de indicações sobre as propriedades principais do mesmo, as quais permitem julgar se ele serve para as aplicações que se têm em vista. Não só em eletrônica, mas em qualquer outro ramo da técnica, os componentes ou peças são especificados, ou seja, classificados, para que possam ser adquiridos sempre com as mesmas características.

Para os resistores, as características mais importantes ao técnico comum são:

a) Valor nominal da resistência

Corresponde ao valor da resistência do componente indicado na unidade usual, que é o ohm. O valor nominal é indicado no corpo do resistor por um código adequado, conforme veremos na aula prática.

b) Tolerância

Quando adquirimos um resistor indicando o valor nominal de sua resistência, e o levamos a um medidor (ohmímetro) de precisão, observamos que só mesmo por muita coincidência o valor nominal é igual ao medido. O valor medido é que se chama de **valor real** do resistor, como ilustrado na figura 2.

O valor nominal indica então, mais ou menos, o valor real, ou seja, um valor aproximado do real. Para a aplicação do resistor no circuito, é importante saber que aproximação o circuito comporta. Por exemplo, vamos admitir que o técnico projetou um circuito que funciona bem com um resistor de valor real variando de 90 a 110 Ω. Certamente, ele escolherá o valor médio, que é 100 Ω. Quando ele adquire o resistor de 100 Ω, precisa ter certeza de que seu valor não é inferior a 90 Ω e nem superior a 110 Ω, mesmo sem medi-lo. Esse intervalo de valores, ou seja, de 90 a 110 Ω, em nosso caso, corresponde ao que se chama de tolerância do resistor. O nome é sugestivo, porque corresponde, de fato, aos valores diferentes de 100 Ω que se podem tolerar.

tolerância = Intervalo de valores

Observe o aluno que indicar a tolerância pelo intervalo de valores não é cômodo e pode causar confusões; por isso, convencionou-se que a tolerância fosse indicada pela porcentagem, para mais ou para menos, do valor nominal.

Deste modo, o resistor de 100 Ω (valor nominal) e 10% (tolerância) é o que serviria para o nosso exemplo, porque 10% de 100, sendo 10

(pois 10% de 100 = $\frac{10}{100}$ x 100), resulta

que os valores extremos do resistor, isto é, o maior e o menor valor real que o resistor pode ter, são de 90Ω (100 - 10) e 110Ω (100 + 10).

O aluno não precisa preocupar-se em efetuar esses cálculos, pois quem os faz é o projetista do circuito. Todavia, deve sempre respeitar a tolerância indicada no esquema ou no resistor que for substituir, para que o aparelho funcione dentro das características para as quais foi construído. Note que substituir um resistor por outro de tolerância menor é vantajoso, mas o

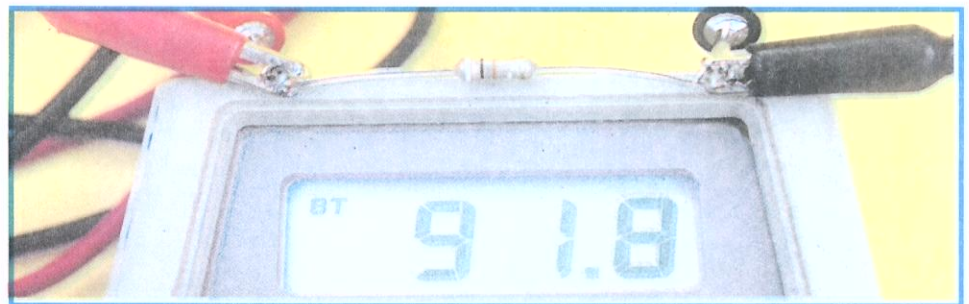



Figura 2 - Indicação do valor real de um resistor.

contrário não. Assim, se para o exemplo que demos não encontrássemos resistor de 100 Ω e 10%, mas de 100 Ω e 5%, poderíamos utilizá-lo sem qualquer receio. Entretanto, se o resistor disponível fosse de 100 Ω e 20%, não deveríamos utilizá-lo, a não ser que medissemos seu valor real com o ohmímetro e constatássemos que sua resistência estivesse no intervalo 90 - 110 Ω.

A tolerância dos resistores vem indicada em seu corpo através de um código conveniente, como veremos na aula prática.

c) Potência de dissipação nominal

Afirmamos que o resistor, normalmente, funciona como limitador de corrente ou divisor de tensão. Em qualquer dessas circunstâncias, por ele passa uma corrente elétrica. Essa corrente produz um trabalho elétrico que se manifesta sob a forma de calor, o qual é dissipado, ou seja, gasto no aquecimento do corpo do resistor. Em sendo assim, chama-se de potência de dissipação de um resistor a energia elétrica que ele transforma em calor. Essa potência depende da corrente que passa pelo resistor e da tensão aplicada aos seus terminais. Para ser mais exato, diremos que **ela é calculada multiplicando-se a tensão em volts pela corrente em ampères, e o resultado é dado em watts.**

Chama-se de **potência de dissipação nominal de um resistor a potência elétrica que ele pode absorver em funcionamento normal.** Note que a potência absorvida é dissipada em calor, daí também o nome de potência de dissipação.

O aluno, por certo, estará perguntando qual o interesse no conhecimento da potência nominal de dissipação. Afirmamos que ele é grande, e vamos dar um exemplo elucidativo. Vamos supor que necessitemos de um resistor de 100 Ω. Podemos construí-lo de inúmeras maneiras diferentes. Por exemplo, podemos tomar um centímetro de um fio especial que dê 100Ω/cm; podemos tomar 2 cm de um fio do mesmo material, mas que tenha área duas vezes maior; podemos tomar 3 cm do mesmo fio com área 3 vezes maior, e assim por diante. O aluno observa que podemos obter a mesma resistência, bastando aumentar proporcionalmente a secção e o comprimento. Perguntar-se-ia: Qual o resistor mais conveniente, o de menor secção ou o de maior, já que a resistência é a mesma? Ou: Podemos utilizar, indiferentemente, qualquer um deles?

A resposta a essas perguntas poderá ser dada, se usarmos o raciocínio. De fato, como os resistores têm a mesma resistência, é claro que sendo ligados à mesma diferença de potencial, serão percorridos pela mesma corrente e, conseqüentemente, libertarão (dissiparão) a mesma quantidade de calor. Até aqui a conclusão que tiraríamos é a de que qualquer dos resistores serve. Mas há um problema: essa quantidade de calor deve ser a menor possível, pois um aparelho eletrônico não é aquecedor. Além do mais, se o fio for muito fino, o calor poderá ser suficiente para fundi-lo (derretê-lo). Conclusão lógica: Devemos usar o resistor que esquente menos, que no caso seria aquele feito com o fio mais grosso.

Essa conclusão, embora lógica, não é prática nem econômica, pois o resistor teria dimensões exageradas e seria caro. Para eliminar tais problemas, as fábricas constroem os resistores, submetem-nos a testes rigorosos e determinam a potência que eles podem absorver e transformar em calor, sem se fundirem. Além disso, o projetista sempre escolhe resistores que possam dissipar potência duas vezes maior que a calculada, para garantir que não haja superaquecimento.

Do que foi mencionado resulta que a potência de dissipação nominal do resistor depende de suas dimensões físicas, ou seja, do seu tamanho. Portanto, no exemplo que demos nos vários resistores de 100 Ω, aquele que foi construído com o fio maior e mais grosso, logo, o de maiores dimensões físicas, é também o de mais alta potência de dissipação nominal.

E por que a potência depende das dimensões do resistor? Simplesmente porque um corpo de grande volume (massa) pode absorver o mesmo calor que um de pequeno volume, aquecendo-se menos. Para que o aluno não tenha nenhuma dúvida sobre esse fato, pode fazer a seguinte experiência: Pegue uma colher pequena (de café, por exemplo) de aço e segure-a sobre a chama de uma vela, durante um minuto. Verificará que ela se aquece a ponto de quase, queimar-lhe os dedos. Agora, pegue um machado, do mesmo aço da colher, e segure-o sobre a chama da vela, durante o mesmo tempo, ou seja, um minuto. Observará que o machado pouco ou quase nada se aquece. Ora, é claro que tanto a colher como o machado absorveram a mesma quantidade de calor, pois ficaram sobre a chama da mesma vela, durante o mesmo tempo. O machado se aquece menos, porque a sua massa é maior e distribui melhor o calor.

Além dessa experiência, que acreditamos seja bastante elucidativa, podemos citar um acontecimento muito comum, que reforça o que afirmamos. Trata-se da queima da resistência do chuveiro elétrico, quando ligado sem água. De fato, ao ser ligada a resistência, sem água, quase todo o calor que ela produz é gasto em aquecer seu próprio fio que, não suportando, funde-se (ou oxida-se) rapidamente, abrindo o circuito. Dizemos, então, que a resistência se queimou. Quando a resistência funciona normalmente, ou seja, com circulação de água, esta retira o calor da resistência, esfriando-a e não permitindo que ela atinja a temperatura que provocaria sua queima.

O aluno mais arguto, por certo, estará perguntando: Mas onde entra a massa, nesse exemplo, se a resistência é a mesma com ou sem água? Expliquemos: Sem água, não considerando a massa do suporte da resistência e da parte metálica do chuveiro, a massa é exclusivamente a da resistência e a do ar que enche o bojo, massa esta bastante pequena. Quando cheio a massa, é a da resistência e a da água que o bojo contém, massa esta que é muito grande em comparação com a do ar.

Para finalizar, o aluno deve ter em mente que, para resistores de mesmo valor, e constituídos do mesmo material os de maiores dimensões têm maiores potências de dissipação nominal que, nas montagens ou substituições, quando não se dispõe de resistor com potência nominal indicada, deve-se usar sempre outro, de potência ligeiramente superior.

Resumo:

As especificações que o aluno deverá indicar, sempre que adquirir um resistor são: valor ôhmico, ou seja, o valor de sua resistência em ohms, tolerância, isto é, o intervalo de valores dentro do qual se encontra o valor real da resistência, indicado em porcentagem; e a potência de dissipação nominal, que é a potência que o resistor pode absorver em funcionamento normal, sem o perigo de danificar-se.

3) Classificação dos resistores

Existe uma variedade enorme de resistores, que pode ser classificada de acordo com a variação de valor da resistência e, dentro dessa classificação, também do material de que é construído. Segundo esse critério, os resistores podem ser agrupados em: fixos, semifixos e variáveis. Vamos estudar cada uma dessas categorias, separadamente.

Resistores fixos

Resistores fixos são aqueles cujo valor de resistência não pode ser modificado. Tais resistores, na maioria dos casos, são constituídos de um corpo cilíndrico, tendo, em suas extremidades, terminais que permitem ligá-los aos circuitos. Esses terminais, na linguagem técnica, recebem o nome de **lides**. Na figura 3, mostramos uma série de resistores fixos de uso corrente em eletrônica.

Os resistores fixos podem ser de fio, de **carvão** e **metalizados.**

a) Resistores de fio

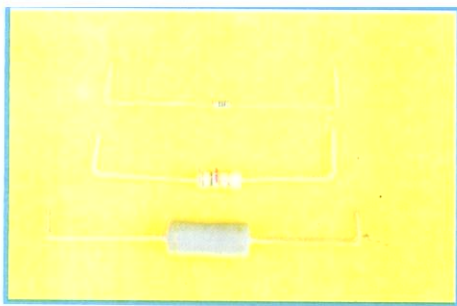



Figura 3 - Alguns tipos de resistores.

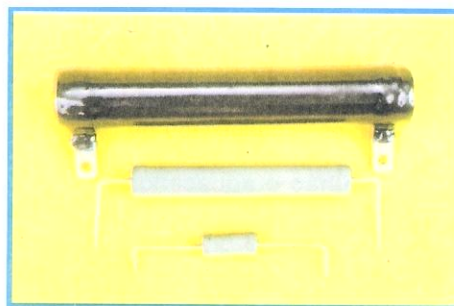



Figura 4 - Resistores de fio.

Tais resistores são construídos enrolando-se um fio de liga metálica, de grande resistividade, sobre um núcleo, e protegendo-o com um invólucro adequado.

Nos resistores de aplicações usuais em eletrônica, com os quais o aluno se defrontará freqüentemente, o fio metálico é construído com uma liga de níquel-cromo-ferro, niquel-cobre, etc.

O fio é enrolado na fôrma em espiras espaçadas, isto é, que não se encostam, a fim de não se produzir curto-circuito entre as espiras e alterar o valor da resistência.

O núcleo ou forma é um tubo de material cerâmico sendo a porcelana e a esteatita as mais utilizadas, embora se possa usar qualquer outro material isolante e incombustível, tal como a fibra, o amianto, o vidro, etc.

O revestimento protetor é um esmalte vitrificado, que se consegue adicionando pó de vidro ao esmalte e aquecendo a mistura a alta temperatura.

As funções do revestimento são:

1 - **Proteção mecânica**, isto é, proteção das espiras contra eventuais batidas.

2 - Fixação das espiras em suas posições, para evitar o curto-circuito, que já mencionamos.

3 - Evitar centelhamento, isto é, as faíscas entre as espiras, quando a diferença de tensão entre elas for grande.

4 - Proteção contra intempéries, ou seja, contra a oxidação, umidade, etc.

5 - Condução de calor, pois a proteção ajuda a distribuir o calor desprendido no fio.

Nos extremos das fôrmas, e fazendo contato com o enrolamento são presos os terminais de ligação (lides), que normalmente têm a forma de uma lingüeta, ou são fios de cobre esmaltado.

Quando se trata de resistores de grandes dimensões, eles costumam ser acompanhados de duas cantoneiras, para facilitar a fixação.

Na figura 4, mostramos 3 resistores de fio, sendo que na figura 5 apresentamos uma vista seccionada de um resistor do tipo maior, isto é, daqueles que necessitam de cantoneiras para fixação.

Os resistores de fio são construídos, geralmente, para valores de 1 a 100 000 Ω e para potência de dissipação desde 1/2 até 200 W ou maiores, em casos especiais.

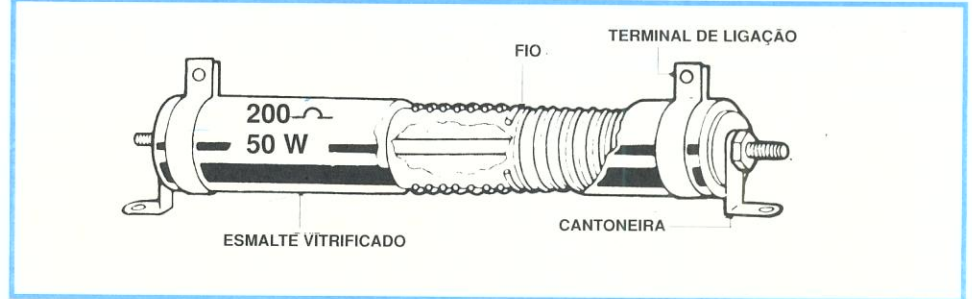



Figura 5 - Vista em corte de um resistor de fio.

b) Resistores de carvão

Nas aplicações comuns de eletrônica, ou seja, em rádios, amplificadores, televisores, etc., a corrente que atravessa um resistor é, normalmente, pequena e, por esse motivo, a potência que é transformada em calor é bastante reduzida, não justificando o uso generalizado de resistores de fio, que são relativamente caros e grandes.

Em razão disso, os fabricantes de resistores procuraram outro material para fazer esses componentes, tendo a preferência recaído sobre o carvão (grafita), que é ideal para funcionar como resistor, por ser material mau condutor; além disso, é abundante, barato e facilmente trabalhável. Surgiram, então, os resistores de carvão, que no início nada mais eram que pequenos cilindros de grafita, às extremidades dos quais se uniam os terminais de ligação. Após isso, a peça era esmaltada. Posteriormente visando a melhorar as propriedades do resistor, o carvão passou a ser misturado com outras substâncias e o resistor recebeu o nome de **resitor de carvão aglomerado**.

Com o desenvolvimento natural da técnica, o fabrico dos resistores de carvão sofreu crescente evolução e, atualmente, são utilizadas misturas de carvão com outros materiais, para que os resistores tenham as características desejadas. É criada, então, a família dos **resistores de composição de carvão**, ou simplesmente resistores de composição. Tais componentes são fabricados para valores que vão desde ohms a vários megaohms e com potência de dissipação desde 1/8 W até 3 W.

A técnica de fabricação dos resistores de composição consiste em depositar, a altas temperaturas, a camada da composição de carvão sobre uma fôrma isolante, geralmente porcelana ou esteatita. Após isso, são introduzidos os lides de ligação; a peça é esmaltada e recebe o código que permitirá sua identificação.

Com essa técnica de fabricação, consegue-se resistores de grande precisão, isto é, de baixa tolerância (1% a menos), embora em nosso mercado é mais comum encontrar-se resistores de 5% e 10 %.

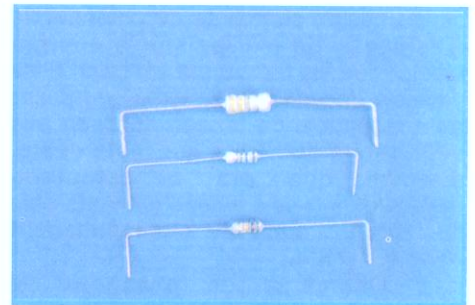



Figura 6 - Resistores de carvão.

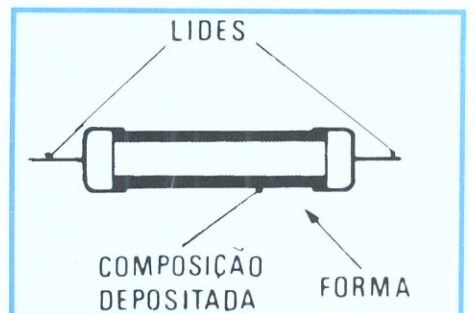



Figura 7 - Vista em corte de um resistor de carvão.

Na figura 6 mostramos alguns resistores do tipo citado, sendo um dos componentes mostrado em corte, na figura 7.

c) Resistores metalizados

Neste tipo de resistor, a composição de carvão é substituída por um filme, sendo o mesmo fabricado para aplicações especiais e tolerâncias pequenas. Aqui, é citado apenas a título de informação, e um exemplo de sua aparência real pode ser visto na figura 8.

Resistores com derivação

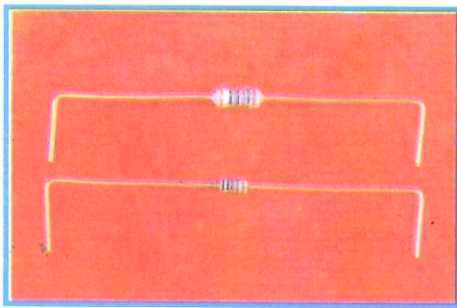



Figura 8 - Resistor de filme metálico.

Figura 11 - Exemplo de atuação de um resistor ajustável.

São resistores que têm diversos terminais fixos, entre os quais (terminais) é possível a obtenção de diferentes

Figura 9 - Resistor de três derivações e seu símbolo gráfico.

valores de resistência. Esses resistores, normalmente, são de fio. Atualmente caíram em desuso, não sendo mais fabricados. Na figura 9, mostramos o aspecto físico de um resistor de 3 derivações bem como seu símbolo elétrico. Note que o resistor de 3 derivações tem cinco terminais de ligação, pois dois deles, o primeiro e o último, correspondem ao valor total da resistência e os três restantes é que são os das derivações.

Resistores ajustáveis ou semifixos

O resistor ajustável ou semifixo é aquele que possui um terminal móvel. O valor da resistência entre esse terminal móvel e qualquer um dos fixos varia quando ele é deslocado ao longo do corpo. Os resistores ajustáveis são normalmente construídos de fio e têm o aspecto que mostramos na figura 10, juntamente com seu símbolo. Como o aluno nota, ele tem a mesma construção que o resistor de fio com uma derivação, com a particularidade de que o recobrimento de esmalte vitrificado dispõe de uma abertura para permitir a união do contato móvel deslizante com o fio. Esse tipo de resistor é empregado, freqüentemente, como divisor de tensão. Por exemplo, se temos um resistor ajustável e aos seus terminais aplicamos uma tensão de 10 V, como mostramos na figura 11, quando o terminal móvel estiver no meio, entre ele e cada um dos fixos existirão 5 V; se o terminal estiver a 3/4 de um deles (1/4 do outro), entre ele e esses terminais existirão respectivamente, 7,5 V e 2,5 V, como indicamos na figura 12 e assim por diante, isto é, para cada posição do terminal móvel haverá uma tensão diferente.

Figura 12 - Outro exemplo de atuação de um resistor ajustável.

Figura 10 - Resistor ajustável e seu símbolo gráfico.

Figura 13 - Potenciômetros.

Resistores variáveis - Potenciômetros

Os resistores variáveis são aqueles em que o valor da resistência pode sofrer modificações contínuas. Tais resistores são chamados de **continuamente variáveis**, para não serem confundidos com os resistores ajustáveis, que vimos no item anterior. Os resistores variáveis costumam ser de fio ou carvão, de acordo com a potência de dissipação que se deseja.

Na classe dos resistores variáveis, o mais importante é o :

Potenciômetro

São resistores cujo valor de resistência pode ser variado, girando-se um eixo que movimenta um contato móvel. Na figura 13 apresentamos alguns tipos de potenciômetros.

São largamente utilizados em circuitos eletrônicos. Assim, o aluno encontrará potenciômetros para controlar o volume e o tom dos receptores de rádio

e amplificadores, para controlar o brilho e o contraste dos receptores de TV, para controlar a tensão da pilha nos instrumentos de medição (multiprovadores) e muitas outras aplicações.

Na figura 14, apresentamos um potenciômetro, dos mais comuns, em seu aspecto externo real. Na figura 15, apresentamos uma visão interna do poten-

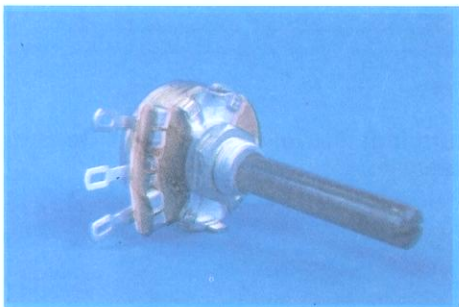



Figura 14 - Potenciômetro rotativo simples.

Figura 15 - Potenciômetro simples aberto.

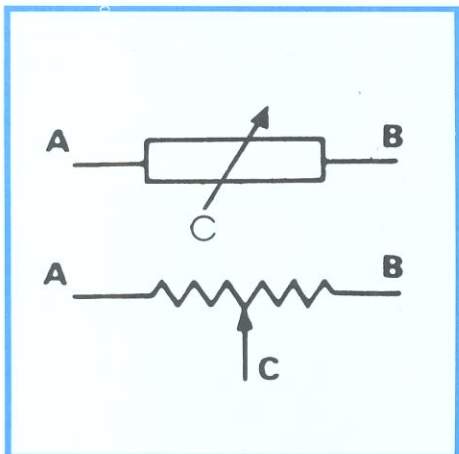



Figura 16 - Símbolos gráficos do potenciômetro.

ciômetro e, na figura 16, os símbolos elétricos.

Como se nota, o potenciômetro apresenta uma tira circular de composição de carvão depositado, chamada de **pista**, sobre a qual se move o contato móvel do cursor, que é solidário (preso) ao eixo.

Deste modo, a resistência entre A e B é constante, sempre, e aquela entre C e qualquer uma das extremidades (A ou B) varia de acordo com a posição do contato móvel. Assim, quando o contato móvel estiver em A, a resistência entre A e C será a menor possível (quase zero Ω); quando estiver em B, a resistência entre A e C será máxima e, à medida que o contato C se distanciar de A, a resistência entre ele e A aumentará e, entre ele e B, diminuirá, sendo possível, portanto, formar qualquer valor de resistência entre zero e o valor máximo.

Existem vários tipos de potenciômetros, naturalmente cada um deles adequado a determinada finalidade. Dentre eles, os mais importantes são:

- Potenciômetro simples, que são semelhantes ao que mostramos na figura 14.

- Potenciômetros múltiplos, que constam de mais de uma pista de grafita, ou seja, mais de um potenciômetro, em um mesmo corpo. Geralmente, os potenciômetros múltiplos são duplos ou triplos. Tais potenciômetros podem ter eixos separados ou em conjunto. Neste último caso, diz-se que o potenciômetro é múltiplo (duplo ou triplo) em "tandem" ou de comando único.

Na figura 17, mostramos um potenciômetro duplo de eixos distintos, bastante utilizado para controlar o volume e o tom em receptores de rádio para automóveis. O aluno pode observar que o eixo de uma das unidades é vazado (oco), permitindo que o eixo da outra unidade passe por dentro dele. Na realidade, **são dois potenciômetros distintos, que atuam separadamente.**

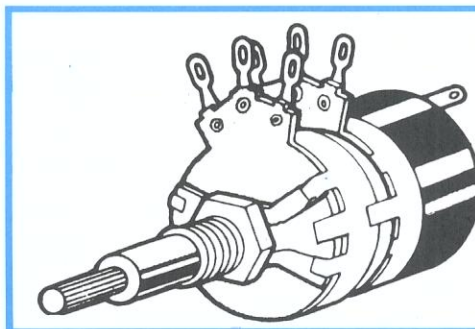



Figura 17 - Potenciômetro duplo e seu símbolo.

Figura 18 - Potenciômetro duplo de eixo conjunto.

Na figura 18, mostramos um potenciômetro duplo em "tandem" (de comando único), que, como o aluno pode observar consiste de dois potenciômetros simples, montados em conjunto, tendo um único eixo que aciona os dois cursores simultaneamente, como pode ser visto na figura 19. Para indicar esse modo de ação, nos desenhos simbólicos cortam-se os terminais dos cursores com linhas tracejadas, como mostramos na figura 20.

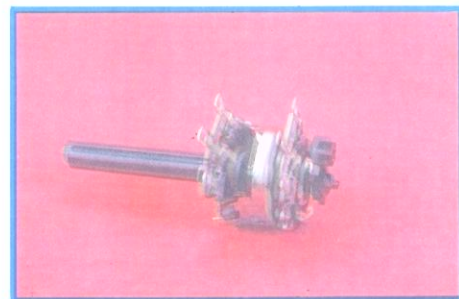



Figura 19 - Potenciômetro duplo aberto.

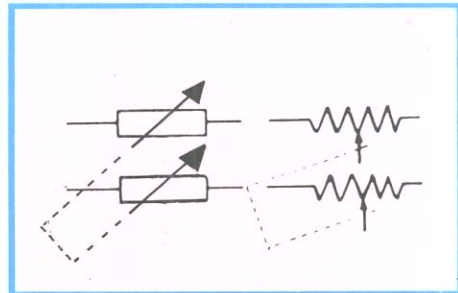
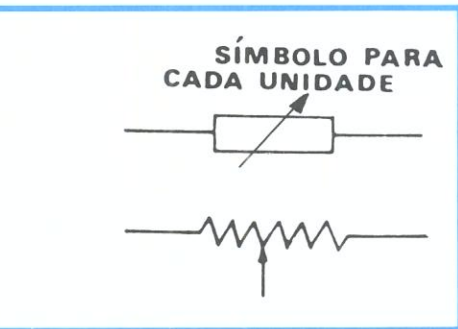



Figura 20 - Símbolo gráfico do potenciômetro duplo.

- "Trimpot" - o "Trimpot", (trimpotenciômetro) consiste num potenciômetro para ajustes semipermanentes; por isso não tem eixo comprido, para acionamento manual, mas somente uma fenda, onde se introduz uma chave, ou um pequeno eixo com fenda, que também é girado pela chave de fenda.

Tais tipos de potenciômetros são bastante utilizados para ajustar corrente, principalmente nos circuitos transistorizados. Na figura 21, mostramos dois tipos de "trimpot" e os dois símbolos mais usados.

- Potenciômetros de fio - Tais tipos de potenciômetros têm como pista um enrolamento achatado, de fio, como mostrado na figura 22, sobre o qual desliza o cursor móvel, solidário ao eixo. Na figura 23, apresentamos um potenciômetro de fio. São construídos para valores relativamente baixos de resistência e para potências de dissipação bem maiores que as dos potenciômetros de carvão.

- Curva de variação dos potenciômetros - Uma característica importante dos potenciômetros, e que não figura nas especificações dos resistores fixos, é o que se chama de curva de variação da resistência. Com esse nome,

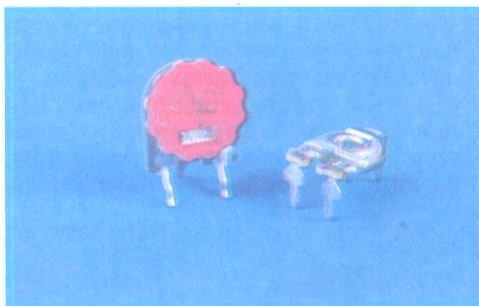



Figura 21 - Trimpots e seu símbolo.

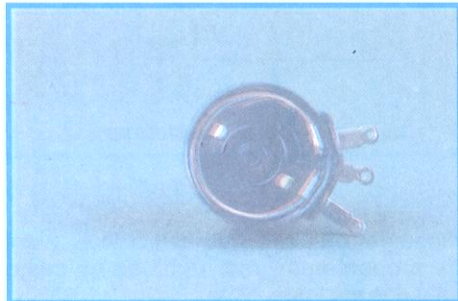
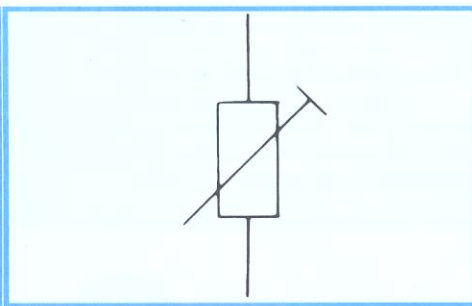



Figura 22 - Potenciômetro de fio aberto.

Figura 23 -Aparência física do potenciômetro de fio.

devemos entender os valores que as resistências tomam para os diferentes ângulos de rotação do eixo. Classificados de acordo com o modo de variação da resistência, os potenciômetros podem ser: de curva linear e de curva logarítmica.

a) Curvas linear

Para que o aluno entenda o que é a curva linear, vamos admitir um potenciômetro ideal, que tenha resistência total de 300 Ω e cujo ângulo de rotação do eixo seja de apenas 300 graus, como mostramos na figura 24. Além disso, admitamos que sua pista seja uniforme em espessura e largura. Em sendo assim, quando o cursor C está encostado em A,

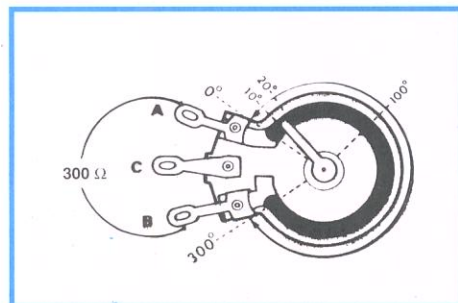



Figura 24 - Exemplo de curva linear de um potenciômetro.

a resistência é zero. Quando o cursor C é girado de 10 graus, a resistência é de 10 Ω; quando for girado de 20 graus, a resistência será de 20 Ω; quando de 30 graus, será de 30 Ω, e assim por diante. Uma variação de resistência desse tipo é chamada de linear.

b) Curvas logarítmica

Consideremos um potenciômetro semelhante ao proposto no item anterior isto é, com 300 Ω de resistência total e 300 graus de ângulo de giro do eixo, mas cuja pista seja construída de maneira irregular, ou seja, larga no início e estreitando-se progressivamente até a outra extremidade, como mostramos na

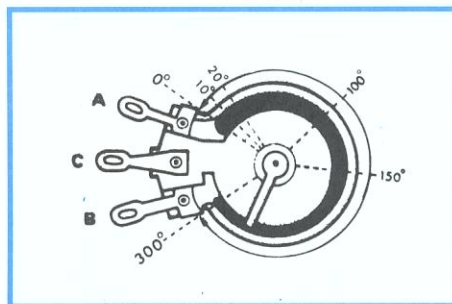



Figura 25 - Exemplo de uma curva logarítmica de um potenciômetro.

figura 25.

Com tal tipo de pista, se a resistência for de 10 Ω quando o cursor for girado de 10 graus, ela não será de 20 Ω, quando o cursor for girado de 20 graus, porque a resistência vai aumentando, devido ao estreitamento da pista, nem será de 30 Ω, aos 30 graus e assim por diante.

Quando a resistência é construída de maneira que, para 33% da variação do cursor (33 graus, no nosso exemplo), sua variação seja de 10 % (10Ω no exemplo), 20 % para 60% de variação, do ângulo, ou seja, obedecendo a uma curva de potência que em matemática é chamada de logaritmos, diz-se que a resistência é de variação logarítmica. Atualmente é alterada a resistência do material aplicado sobre a pista deste tipo de potenciômetro, ao invés de se alterar a largura da mesma. O que é importante o aluno observar, neste caso, é que em tal tipo de potenciômetro a resistência varia muito pouco, girando-se o eixo até a metade de seu ângulo de abertura, e varia bruscamente daí para a frente.

Observações:

1) Os potenciômetros de curva linear são bastante empregados em amplificadores de som e receptores, para controle de tonalidade, em instrumentos de medida, etc.

2) Os potenciômetros de curva logarítmica são utilizados para controle de volume e, por isso, muitas vezes são chamados de potenciômetros de curva de áudio.

3) Os potenciômetros múltiplos podem ter suas secções com curvas de qualquer dos dois tipos, ou seja, todas lineares, todas logarítmicas ou lineares e logarítmicas. Existem, no mercado, potenciômetros duplos em "tandem", fabricados especialmente para o controle de "balanço" de amplificadores esterefônicos, nos quais uma das curvas varia inversamente com a outra, ou seja, enquanto uma aumenta a resistência com a abertura do ângulo, a outra diminui, de modo que na posição média as duas secções tenham o mesmo valor de resistência, que corresponde ao máximo. Estudaremos isso com maiores detalhes na lição sobre amplificadores estereofônicos.

4) Os potenciômetros de pista de carvão são construídos para potências pequenos, geralmente entre 1/8 e 1/2 W. Já os potenciômetros de fio são construídos para potências que superam os 10 W.

5) Muitas vezes, é utilizado o próprio eixo do potenciômetro para comandar uma chave interruptora. Neste caso, ele é chamado de potenciômetro com chave, embora a chave não tenha nenhuma ligação elétrica com o potenciômetro.

6) Os potenciômetros de carvão são construídos para valores de resistência que vão desde 100 Ω até 4,7 MΩ. Os de fio são fabricados para valores desde alguns poucos ohms até 100 KΩ.

Especificações dos potenciômetros

Quando o aluno adquirir um potenciômetro, deverá especificar o valor máximo de sua resistência, em ohms, e o tipo de curva de variação, mencionando também se ele é dotado de chave ou sem chave. Não há necessidade de indicar a tolerância, porque esta só teria significado para o valor máximo. A não ser em casos especiais, também não se costuma indicar a potência de dissipação, porque os potenciômetros são usados como divisões de tensão de baixo nivel, onde a potência é muito pequena.

Resistores especiais

Na categoria dos resistores especiais, classificamos aqueles que não foram enquadrados nos itens anteriores e que foram criados para aplicações

especiais no campo da eletrônica. Geralmente, são resistores cujo valor de resistência varia de acordo com certas grandezas elétricas. Entre eles, os mais importantes, e cujo uso se divulga cada vez mais, são os seguintes.

a) Termistores

É um tipo de resistor cuja resistência varia com a temperatura, de modo adverso ao do resistor de carvão. De fato, o resistor de carvão, quando aquecido, sofre uma diminuição lenta no valor de sua resistência, ao passo que o termistor tem sua resistência diminuída de maneira muito mais acentuada. Para que o aluno faça uma idéia dessa variação, podemos esclarecer que um termistor de 130 Ω, na temperatura ambiente normal, ou seja, de 25°C (vinte e cinco graus centígrados),

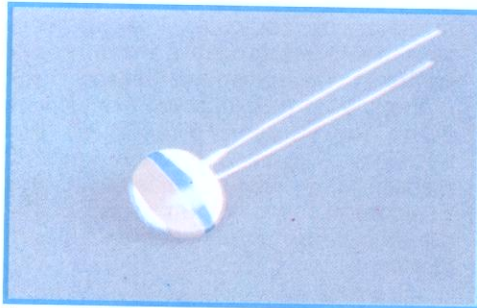



Figura 26 - Aspecto físico de um termistor com seu símbolo.

passa a ser de 20 Ω, quando a temperatura aumenta para 70°.

Os termistores também são conhecidos como resistores NTC ou PTC; essas três letras são a abreviação de "Negative (ou Positive Temperature Coeficient", palavras inglesas que significam "coeficiente negativo (ou positivo) de temperatura"

Os termistores são utilizados em eletrônica como elemento de estabilização e proteção de circuitos. No momento oportuno, veremos como isso ocorre.

Na figura 26, mostramos o aspecto físico de um tipo de termistor, bem como seu símbolo.

b) Varistores

É um tipo de componente cuja resistência sofre variação com as modificações da tensão aplicada a ele. O aluno sabe que, para os resistores de carvão, desde que não seja ultrapassada sua potência de dissipação, a resistência é a mesma para qualquer valor de tensão aplicada a seus terminais. Já com o varistor não acontece o mesmo, pois a sua resistência depende da tensão que está sendo aplicada a seus terminais.

O varistor também é chamado de resistor VDR; essas letras significam "Voltagem Dependent Resistor", cuja tradução é **"resistência dependente de voltagem"**. Os varistores são utilizados em receptores de televisão, para estabilizar a altura e a largura da imagem isto é, para que ela fique constante, independente da variação da tensão da rede.

Na figura 27, apresentamos um tipo de varistor e seu símbolo. Como o aluno pode notar, no aspecto físico ele nem sempre é semelhante a um resistor de carvão.

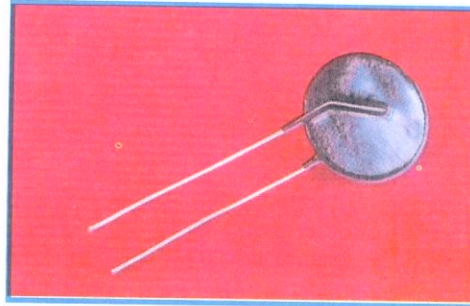



Figura 27 - Aspecto físico de um varistor e seu símbolo.

c) Fotorresistor

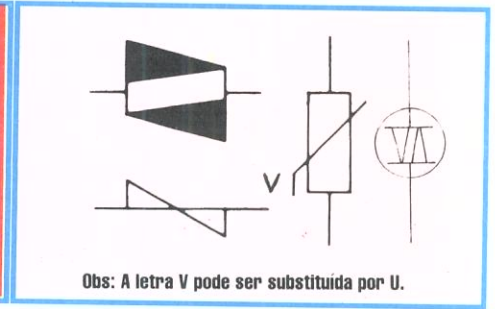
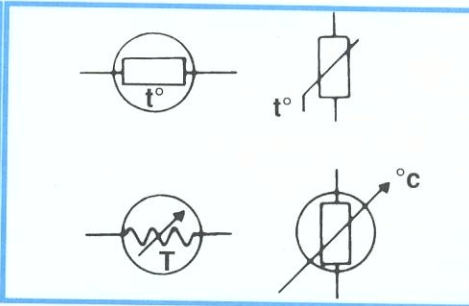
Os fotorresistores, como o nome sugere, são componentes cujo valor de resistência varia com a luminosidade. São bastante empregados em ótica como elementos de fotômetros, em circuitos de proteção industriais (parada de equipamento, alarme contra roubos, incêndio, etc.) e também em eletrônica, principalmente para o controle automático do brilho, nos receptores de TV.

Os fotorresistores também são conhecidos como resistores LDR, abreviação de "Light Depending Resistor", cujo significado é **"resistência dependente da luz"**. Na figura 28, mostramos um fotorresistor e seu símbolo.

Figura 28 - Aparência real de um LDR e seus símbolos.

d) Rede Resistiva

O avanço da tecnologia permite que hoje sejam, a cada dia, criados novos tipos de dispositivos eletrônicos.

Um destes dispositivos é a **rede resistiva,** a qual, por aliar reduzidas proporções e uma alta confiabilidade, permite uma compactação maior na montagem de circuitos eletrônicos, além de proporcionar uma redução no custo total dos mesmos.

Podemos considerar uma **rede resistiva** como sendo uma união de vários resistores em um único encapsulamento. Por este motivo, não nos alongaremos em considerações mais profundas sobre sua constituição.

A título ilustrativo, mostramos na figura 29 seu aspecto real; em encapsulamento SIP, além de, na figura 30, representarmos os três tipos de configurações básicas, fabricados pela ROHM.

Na tabela I apresentamos as características técnicas referentes à série RM de redes resistivas.

Valores normalizados de resistores

Se o aluno for procurar no comércio um resistor que tenha valor de 2535 Ω (para qualquer que seja a tolerância), certamente não encontrara, pois as fábricas somente constroem seus resistores para determinados valores,que são chamados de padronizados ou normalizados e que não incluem o citado.

Os valores padronizados pela EIA (Associação de Industrias Eletrônicas) norte-americana e que estão sendo seguidos pelas industrias nacionais são:

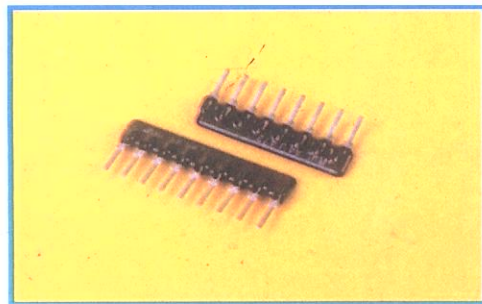



Figura 29 - Aparência real de uma Rede Resistiva.

a) Para resistores com 10% de tolerância

Os valores padronizados para resistores cuja tolerância seja de 10 % são: 10 Ω, 12 Ω, 15 Ω, 18 Ω, 22 Ω, 27 Ω, 33 Ω, 39 Ω, 47 Ω, 56 Ω, 62 Ω, 82 Ω e todos os múltiplos desses valores, até os 22 MΩ.

Atualmente resistores com este valor de tolerância estão caindo em desuso, não sendo mais fabricados por inúmeras empresas, mas podendo, ainda, serem encontrados em antigos aparelhos eletrônicos.

b) Para resistores com 5 % de tolerância

Para essa tolerância, os valores padronizados são: 10 Ω 11 Ω, 12 Ω, 13 Ω, 15 Ω, 16 Ω, 18 Ω, 20 Ω, 22 Ω, 24 Ω, 27 Ω, 30 Ω, 33 Ω, 36 Ω, 39 Ω, 43 Ω, 47 Ω, 51 Ω, 56 Ω, 62 Ω, 68 Ω, 75 Ω, 82 Ω, 91 Ω, e todos os múltiplos desses valores, até 22 MΩ.

TABELA I

Série RM		Descrição		Máxima dissipação à temperatura ambiente por elemento	Coeficiente de temperatura (ppm/°C)	Tolerância do valor ôhmico nominal	Gama de valores ôhmicos	Encaps.	Temperatura de Operação (°C)
		Altura Máxima (mm)	Passo dos Term. (mm)						
Tipo	**RML**	5,08	2,54 ± 0,1	1/8 w a 70°C	± 300	G (2%) J (5%)	22Ω ~ 1MΩ	SIP 4 ~ 14pin	- 40 ~ 125
	RMN	6,35		1/6 w a 70°C					
	RMH	8,90		1/4 w a 70°C					

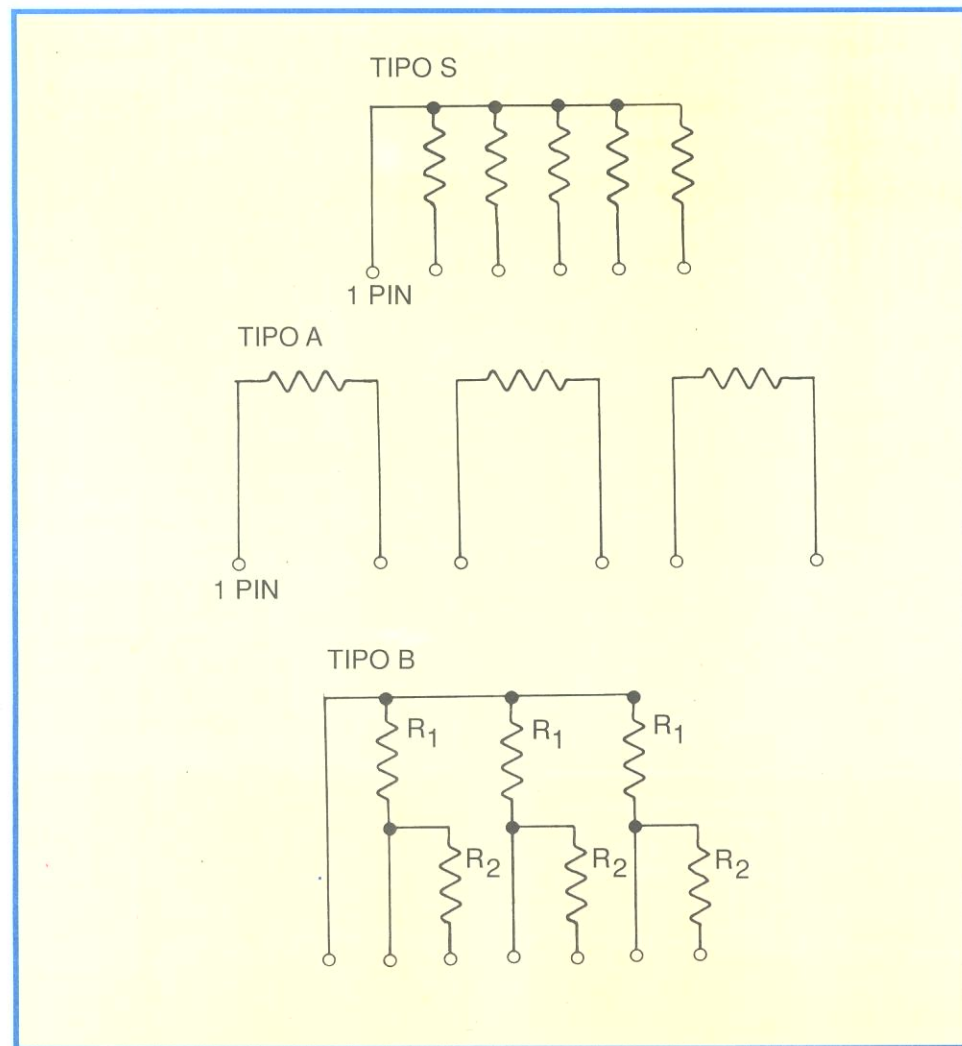



Figura 30 - Tipos de configurações básicas de Redes Resistivas da ROHM.

c) Para Resistores com tolerância inferior a 5%

Podemos considerar como valores padronizados os mesmos já citados para a tolerância de 5%. Convém frisar que resistores abaixo desta tolerância são conhecidos como "Resistores de precisão" e possuem tolerâncias de 2% e 1% (muitas vezes a tolerância é inferior a esta, podendo chegar a 0,1% ou menos).

Além de possuir em seu corpo 5 faixas coloridas para expressar seu valor, ao invés de apenas 4 faixas, o resistor com tolerância de 1% é normalmente construído a partir de película metálica, o que lhe garante uma alta confiabilidade.

d) Para potenciômetros

Os valores normalizados para pistas (resistências) de potenciômetros são: 100 Ω, 220 Ω, 470 Ω e múltiplos de 10 desses valores, até o máximo de 4,7 MΩ .

Assim, um potenciômetro de 4 700 Ω existe, pois 4 700 = 470 x 10; potenciômetro de 22 KΩ também existe, pois 22 000 = 220 x 100, e assim por diante.

CURSO DE ELETRÔNICA BÁSICA RÁDIO-TV
3ª LIÇÃO PRÁTICA
RESISTORES

Introdução

Nesta lição, vamos estudar os resistores do ponto de vista prático, ou seja, os seus tipos de uso mais comum em eletrônica, assim como o modo de identificá-los. Naturalmente, não entraremos ainda na aplicação desses componentes como elementos de circuito, o que será feito em ocasião oportuna. Podemos afirmar, entretanto, que os resistores têm extensa aplicação e, praticamente, o aluno não encontrará circuito de eletrônica (rádio, TV, amplificador, etc.) que não utilize esses componentes.

Na 3ª lição teórica, vimos como se pode classificar os resistores tendo em vista a variação de resistência, o material de que são feitos, etc. Agora, vamos preocupar-nos exclusivamente com o aspecto prático desses componentes. Iniciaremos nossas explanações pela identificação dos resistores.

I - Identificação de resistores

Identificar um resistor consiste em determinar o valor de sua resistência em ohms, de sua tolerância e, eventualmente, da potência nominal de dissipação.

A identificação do valor ôhmico do resistor é feita interpretando-se códigos, como veremos a seguir. Existiam, dois códigos que eram universalmente aceitos, sendo um deles conhecido como código europeu, ou Philips, e o outro como código americano. Em nosso país, as fábricas de resistores utilizavam os dois. Atualmente apenas o código americano é empregado.

Código americano

Segundo esse código, os resistores são identificados pelas cores estampadas em seu corpo. A cada cor corresponde um número que, corretamente interpretado, permite determinar o valor nominal do resistor, assim como sua tolerância.

Na tabela II, apresentamos as cores escolhidas e os números que elas representam.

TABELA II

CORES	ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS	MULTIPLICADOR	TOLERÂNCIA
PRETO	0	x 1	
MARROM	1	x 10	1%
VERMELHO	2	x 100	2%
LARANJA	3	x 1.000	
AMARELO	4	x 10.000	
VERDE	5	x 100.000	
AZUL	6	x 1.000.000	
ROXO	7	x 10.000.000	
CINZA	8	x 100.000.000	
BRANCO	9	x 1.000.000.000	
OURO		x 0,1	5%
PRATA		x 0,01	10%

Código americano para resistores

Na identificação desse tipo de resistor, também são utilizadas as mesmas cores que indicamos na tabela II, com os mesmos significados onde as cores identificadoras são pintadas em **anéis**, em seu corpo, e possuem um significado próprio, como mostramos na figura 31.

Nesse tipo de resistor, são pintados 4 anéis coloridos, situados mais próximo de uma das extremidades do resistor. A leitura deve ser feita a partir do anel mais próximo da extremidade. Os significados dos anéis são os seguintes:

1º anel - 1º algarismo
2º anel - 2º algarismo
3º anel - multiplicador
4º anel - tolerância

Devemos observar que o quarto anel comumente só tem as cores ouro ou prata, que indicarão tolerância de 5% ou 10%. Quando não existe o quarto anel, admite-se que a tolerância seja de 20%. Em resistores especiais com tolerância de 1% ou 2%, a quarta faixa será marrom ou vermelha, respectivamente.

Normalmente os resistores de precisão com tolerância de 1% apresentam 5 faixas, como mostrado na figura 32, e sua leitura deve ser feita também com o auxílio da tabela II, sendo que o significado dos anéis são os

Figura 31 - Identificação pelo código de cores.

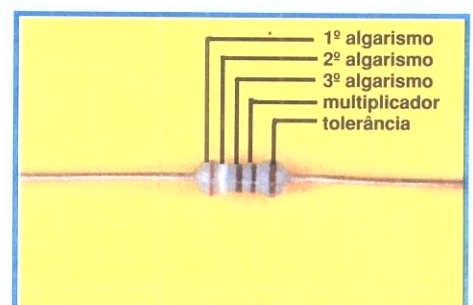



Figura 32 - Identificação de um resistor de 5 faixas pelo código de cores.

seguintes.

1º anel - 1º algarismo
2º anel - 2º algarismo
3º anel - 3º algarismo
4º anel - multiplicador
5º anel - tolerância

Daremos, agora, uma série de exemplos elucidativos. O aluno deve acostumar-se a interpretar com desenvoltura esse código, porque atualmente ele é o único utilizado pelos fabricantes.

Exemplo

1º) Vamos identificar um resistor que apresenta os seguintes anéis coloridos,como mostrado na figura 33:

1º anel - marrom
2º anel - preto
3º anel - vermelho
4º anel - dourado

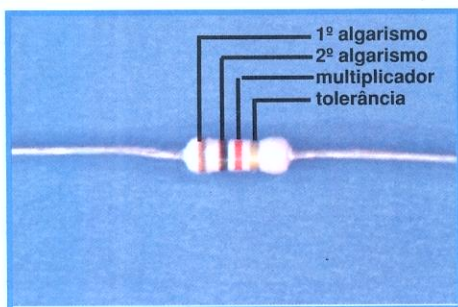



Figura 33 - Resistor de 1 KΩ.

Soluções:

Consultando a tabela II, temos que o primeiro algarismo é 1, porque o primeiro anel é marrom, o segundo algarismo é 0 (zero), porque o segundo anel é preto. O multiplicador é 100 (cem), porque o terceiro anel é vermelho. Finalmente, a tolerância é de 5%, porque o quarto anel é dourado. Assim, a identificação desse resistor é: 1000 Ω ou 1 KΩ e 5% de tolerância.

2º) Seja identificar o resistor que apresenta 4 anéis, com as cores, mostradas na figura 34:

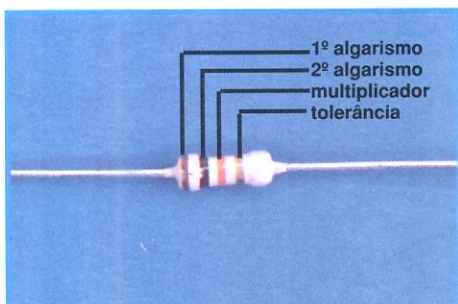



Figura 34 - Resistor de 10 KΩ.

1º anel - marrom
2º anel - preto
3º anel - laranja
4º anel - dourado

Solução:

A identificação de tal resistor é: 10.000 Ω e 5% de tolerância.

De fato, sendo marrom o primeiro anel, é um o primeiro algarismo, a cor preta do segundo anel indica que é 0 o segundo algarismo. O terceiro anel, sendo laranja, mostra que o multiplicador é 1000 e, finalmente, a cor dourada do quarto anel indica que é de 5% a tolerância.

3º) Vamos identificar o resistor da figura 35 com os seguintes anéis coloridos:

1º anel - vermelho
2º anel - vermelho
3º anel - marrom
4º anel - dourado

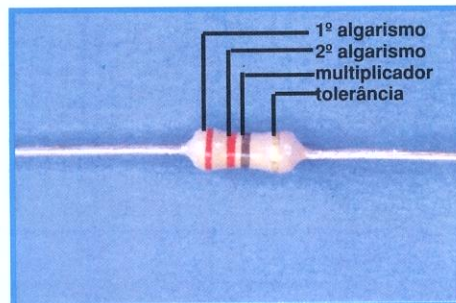



Figura 35 - Resistor de 220 Ω.

Solução:

O primeiro algarismo é 2, porque o primeiro anel é vermelho. O segundo algarismo é 2, porque o segundo anel é vermelho. O multiplicador é 10 pois o terceiro anel é marrom. A tolerância é de 5%; logo, a identificação do resistor é: 220 Ω e 5% de tolerância.

4º) Seja identificar o resistor da figura 36, com os seguintes anéis coloridos:

1º anel - laranja
2º anel - branco

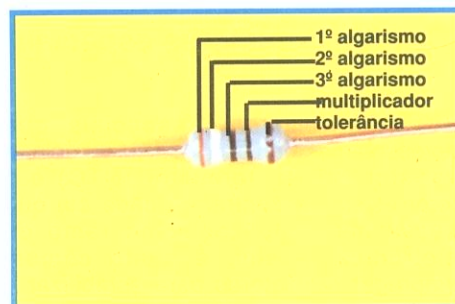



Figura 36 - Resistor de 390 Ω.

3º anel - preto
4º anel - preto
5º anel - marrom

Solução:

O primeiro anel indica que o primeiro algarismo é 3, pois é laranja.
O segundo algarismo é 9 (nove), porque o segundo anel é branco. O terceiro algarismo é 0, porque o terceiro anel é preto; o multiplicador é 1, pois o anel correspondente é preto e, finalmente, a tolerância é de 1%, pois a 5ª faixa é marrom. Assim sendo, a identificação do resistor é: 390Ω com tolerância de 1%.

5º) Seja identificar o resistor da figura 37, com as seguintes cores:

1º anel - marrom
2º anel - vermelho
3º anel - laranja
4º anel - amarelo
5º anel - vermelho

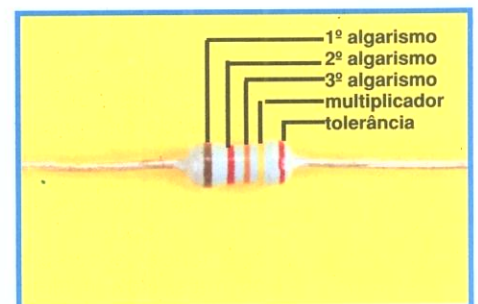



Figura 37 - Resistor de 1,23 MΩ.

Solução:

O valor de tal resistor é de 1.230.000Ω ou 1,23MΩ, com tolerância de 2%. De fato, sendo marrom o primeiro anel, é 1 o primeiro algarismo; sendo vermelho o segundo anel, é 2 o segundo algarismo e, conseqüentemente, sendo laranja o terceiro anel, é 3 o terceiro algarismo. O multiplicador é 10.000, porque o quarto anel é amarelo. Finalmente, a tolerância é de 2%, pois o 5º anel é vermelho.

Observação:

O resistor é um dos componentes mais utilizados nos circuitos de eletrônica e, portanto, o aluno deve estar bastante familiarizado com o código de cores, para que possa identificá-lo rapidamente e sem dificuldade. Os exemplos aqui mostrados devem merecer bastante atenção, assim como a prática efetiva que deve ser feita com esse componente.

II - Potência de dissipação nominal do resistor

Estudamos, na lição teórica, que um dado importante do resistor é sua **potência nominal de dissipação**, ou seja, aquela que ele pode absorver do circuito, transformando-a em calor. Esse calor, se for excessivo, poderá danificar o material do resistor, alterando o valor da resistência ou queimando-o irremediavelmente. Por isso, nas montagens, devem usar-se resistores com potência de dissipação suficiente. Costumam-se escolher os resistores com potência de dissipação, no mínimo, duas vezes maior do que aquela calculada.

Essa potência de dissipação nominal é um dado importante, mas **não** é indicado no corpo do resistor. Todavia, ela depende, basicamente, de suas dimensões físicas, ou seja, do tamanho do resistor. Para os resistores de carvão, as potências nominais padronizadas são de 1/8 W, 1/4 W, 1/2 W, 1 W, 2 W e 3 W. Para os resistores de fio, elas vão de 5 a 200 W.

Nas substituições de resistores, quando não se dispõe de resistor com mesma potência nominal de dissipação, deve-se dar preferência àquele que a tenha maior. Por exemplo: se for preciso substituir um resistor de 1 W mas no momento, não se dispuser do componente com tal potência, poder-se-á utilizar o de 2 W ou mais. Note o aluno que essa troca não alterará a potência que o circuito desprende, sob a forma de calor, no resistor, ou seja, se essa potência foi de 1 W no resistor de 2 W, ela também será de 1 W no de 3 W.

A única conseqüência da troca do resistor de 2 W pelo de 3 W é que este último se aquecerá menos. Isto se dá porque o resistor de 3 W tem mais massa que o de 2 W e, portanto, a temperatura que ele atinge é menor. O fato de um corpo de pequena massa atingir uma temperatura maior que o de maior massa, quando absorvem a mesma quantidade de calor, pode ser facilmente constatado com a seguinte experiência: Tomam-se duas brasas iguais; coloca-se uma delas em uma xícara com água e a outra em uma bacia com água. Nota-se de pronto que a água da xícara se aquece rapidamente, enquanto o aumento de temperatura da água da bacia nem é percebido, embora, nos dois casos, a quantidade de calor cedida pela brasa tenha sido a mesma.

Na prática, é muito mais interessante utilizar resistor de potência bem maior que a mais necessária, mas não se faz isso por três motivos principais: o custo elevado do resistor de maior potência; o tamanho do resistor, pois nem sempre onde há um resistor de 1 W cabe um de 2 W e, também, porque o resistor pode agir como um fusível para um componente mais caro.

Mas o aluno estará perguntando: Quando se sabe se o resistor é de tal ou qual potência, já que esta não vem indicada no corpo?

Responderemos que isso é possível somente tendo as indicações do fabricante. A prática também nos leva a identificar a potência pelo tamanho do corpo do resistor, porém esse critério é falho, porque, à medida que se empregam novos materiais na construção de resistores, conseguem-se maiores potências em corpos de mesmo

TABELA III

POTÊNCIA (W)	1/8	1/4	1/2	1	2
COMPRIMENTO DOS TERMINAIS mm (A)	27	27	27	27	27
COMPRIMENTO MÁXIMO DO CORPO mm (B)	7,5	12,5	17,6	26	36
DIÂMETRO MÁXIMO DO CORPO mm (C)	2,6	3,9	5,4	7,3	9,3

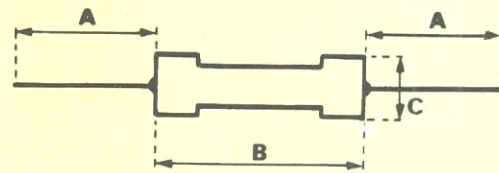



TABELA IV

• **Dimensões (mm)**

Item		R20	R25X	R50X	R75X
Diametro Corpo	D	1.9±0.1	2.4±0.1	2.85±0.2	3.5±0.2
Comprimento	L	3.2±0.2	6.3±0.3	6.6±0.2	9.0±1.0
Limite Pintura	CL	3.4 Máx.	6.8 Máx.	7.5 Máx.	11.0 Máx.
Diametro Terminal	d	0.45	0.6	0.6	0.8
Comprim. Terminal	H	30±3	30±3	30±3	30±3
Pot. Dissipação		0,20w	0,33w	0,50w	0,75w

tamanho, o que pode provocar erros.

A título de orientação, damos, na tabela III, as dimensões especificadas pela firma Constanta Eletrotécnica S.A., para potências de 1/8 a 2 W e na tabela IV as dimensões especificadas pela ROHM Indústria Eletrônica LTDA, juntamente com a potência de dissipação dos tipos de resistores de película de carbono, fabricados por esta empresa.

III - Resistores especiais

Os resistores especiais que apresentamos na lição teórica, ou seja, o varistor (VDR), termistor (NTC) e o fotorresistor encontram a cada dia que passa maior aplicação no ramo da eletrônica. Assim, é muito comum empregar termistores para estabilizar a temperatura em receptores transistorizados; varistores para estabilizar a imagem de televisores; fotorresistores em alarmes e controles industriais, etc.

IV - Associação de resistores

Algumas vezes, necessitamos de resistores cujo valor não se encontra dentro daqueles normalizados que citamos na lição teórica. Também poderá acontecer de precisarmos de certo valor e não dispormos dele no momento, mas possuirmos outros, cuja combinação

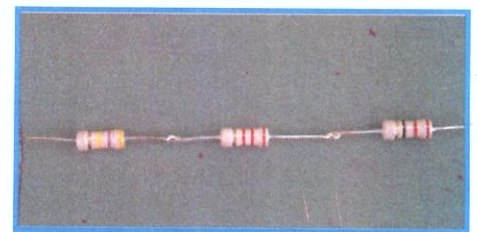



Figura 38 - Associação de três resistores em série.

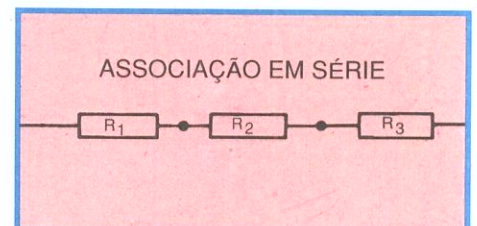



Figura 39 - Representação gráfica da associação da figura 38.

poderá dar o valor requerido. Em tal circunstância, o que se faz é associar os resistores, isto é, liga-los de um modo conveniente, para obter o valor desejado.

A associação pode ser feita de duas maneiras básicas, isto é, em série e em paralelo, e de outra maneira composta dessas duas, que se chama de associação série-paralelo ou mista.

1º) Associação em série

Este tipo de associação consiste em ligar todos os resistores de modo que o fim de cada um seja ligado ao começo do outro. Na figura 38, mostramos uma associação em série de 3 resistores. A ligação esquemática de tal associação pode ser vista na figura 39.

A propriedade fundamental desta associação é que:

"A resistência total (ou resultante) da associação é igual à soma dos valores das resistências parciais."

Assim, se os três resistores da figura 38 valessem, respectivamente: 22 Ω, 470K Ω e 2,2K Ω, eles substituiriam um resistor único de 22 + 470.000 + 2.200 = 472.222 Ω.

Se esses três resistores forem ligados a uma diferença de tensão, como mostramos na figura 40, poderemos tirar a seguinte conclusão importante:

Na associação em série de resistores, a corrente que os atravessa tem o mesmo valor em qualquer um deles, ou seja, ela é sempre a mesma. Naturalmente, em nosso exemplo, indicamos apenas três resistores, mas poderia ser muito mais, e a propriedade que demos antes continuaria válida.

Para determinar o valor da corrente em ampères, basta dividir o valor da tensão em volts pelo valor da resistência equivalente em ohms. Assim, se a tensão da bateria fosse de 10 V, a corrente que passaria por qualquer dos três resistores de nossa associação seria de 10 ÷ 472.222 = 0,000021A.

Outra propriedade da associação em serie é a de que as diferenças de potêncial nos extremos de cada resistor são diversas (se os resistores não forem iguais) e sempre serão calculadas multiplicando-se o valor da resistência de cada resistor, em ohms, pelo valor da corrente que passa por ele (que é igual à que passa pelos outros), em ampères. O resultado dá a tensão em volts.

Assim, nos extremos do resistor de 2.200 Ω da associação em série do nosso

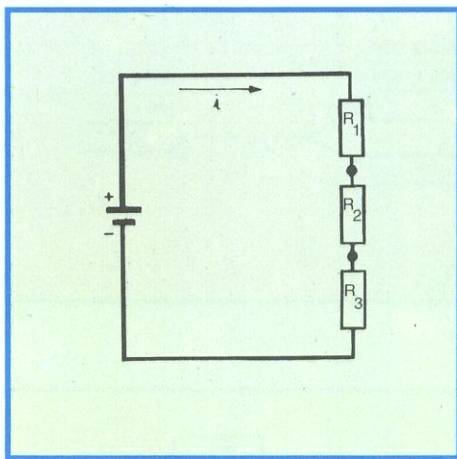



Figura 40 - Circuito com resistores em série.

exemplo, temos uma queda de potêncial de:

$$2.200\Omega \times 0,000021 =$$

$$0,046 \text{ V ou} \approx 0,05 \text{ volts}$$

2º) Associação em paralelo

Fazer uma associação em paralelo ou derivação consiste em ligar todos os resistores entre dois pontos. Em outras palavras, devemos ligar entre si todos os terminais iniciais do resistor e também entre si todos os terminais finais. A figura 41 ilustra uma associação em paralelo de 3 resistores enquanto que na figura 42 é mostrado o esquema de tal associação.

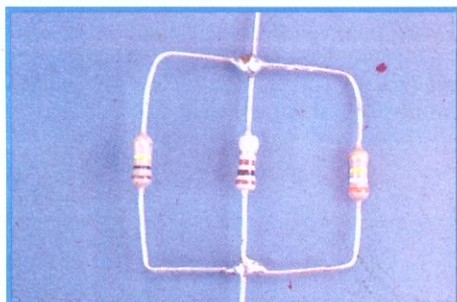



Figura 41 - Associação em paralelo de resistores.

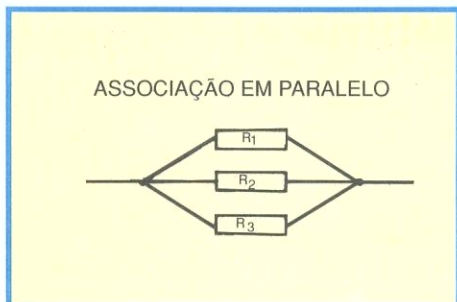



Figura 42 - Esquema de ligação de uma associação em paralelo de resistores.

Para este tipo de associação, as propriedades importantes são:

a) A resistência total ou resultante da associação é sempre menor que a resistência do resistor de valor mais baixo, e seu inverso é igual a soma dos inversos das resistências parciais.

Isto, em linguagem matemática, deverá ser escrito como mostramos abaixo:

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \ldots \frac{1}{Rn}$$

Entretanto, o aluno não precisa preocupar-se com essa fórmula, pois vamos mostrar como se calcula a resistência resultante de uma associação de dois resistores em paralelo, e o método pode ser utilizado para qualquer número de resistores, bastando aplicá-los de dois em dois.

Assim, para determinar o valor em ohms da resistência equivalente de uma associação de dois resistores em paralelo, basta dividir o produto (multiplicação) dos valores ôhmicos dos dois resistores pela soma desses valores. Por exemplo, vamos considerar dois resistores quaisquer em paralelo, sendo um de 100 Ω e outro de 200 Ω, como mostramos na figura 43, e calculemos a resistência equivalente (total) da associação.

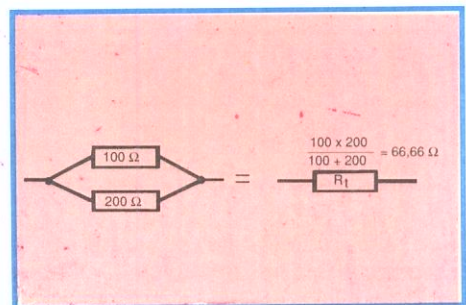



Figura 43 - Cálculo de dois resistores em paralelo.

Para isso, basta multiplicar 100 por 200 e dividir o resultado pela soma, 100 + 200, ou seja,

$$R1 = \frac{100 \times 200}{100 + 200} = \frac{20\,000}{300} = 66,66\ \Omega$$

Como o aluno pode notar, a resistência resultante é menor que a menor da associação, que é de 100 Ω.

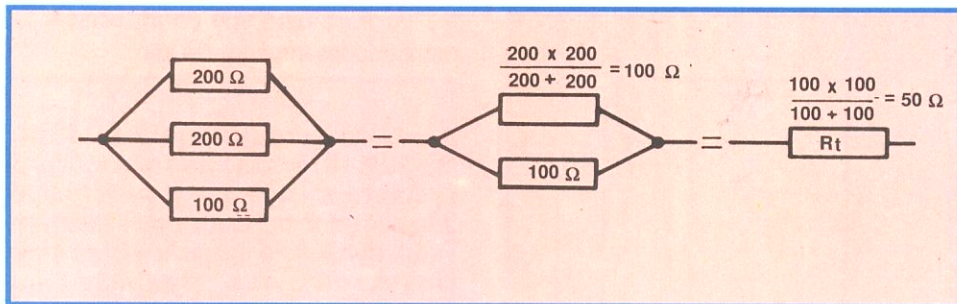



Figura 44 - Cálculo de três resistores em paralelo .

Vamos considerar, agora, a associação de 3 resistores em paralelo, como mostramos na figura 44, sendo de 200 Ω, 200 Ω e 100 Ω, respectivamente, os valores das resistências. Calculemos o valor da resistência resultante.

Para isso, tomamos duas resistências quaisquer da associação e reduzimos a uma só, que é a equivalente ou resultante. Em seguida tomamos a resultante calculada e a resistência ainda não utilizada, e determinamos a nova resistência equivalente, que resolve o problema. Na figura 44, mostramos a seqüência. Inicialmente, tomamos os dois resistores de 200 Ω e determinamos sua resultante, que, segundo o exemplo anterior, é:

$$RT1 = \frac{200 \times 200}{200 + 200} = \frac{40\,000}{400} = 100\ \Omega$$

Agora, determinando a resultante desse resistor equivalente com o de 100 Ω, virá:

$$Rt = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = \frac{10\,000}{200} = 50\ \Omega$$

que é a resistência equivalente da associação dos três resistores.

Esse processo, que aplicamos para três resistores, poderá ser usado para qualquer número deles.

b) A diferença de potêncial ou tensão, em cada resistência, é a mesma para todas elas.

Isto é fácil concluir se observarmos a figura 45, pois todos os resistores estão ligados aos mesmos terminais do gerador; logo, a tensão é a mesma e, no caso, igual à do gerador.

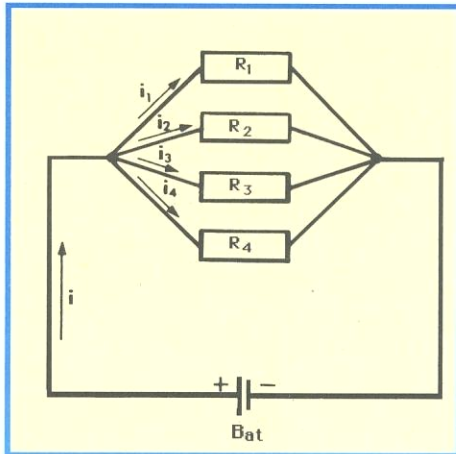



Figura 45 - Circuito com resistores em paralelo.

c) A corrente não é a mesma em todos os resistores.

Se eles são diferentes, é claro como se pode deduzir também da figura 45. A corrente em cada resistor é calculada dividindo-se o valor da diferença de potêncial, que é igual em todos, pelo valor da resistência.

No exemplo que demos, no resistor de 100 Ω, se a tensão do gerador for de 50 V, a corrente será de:

$$50 \div 100 = 0{,}5\ A$$

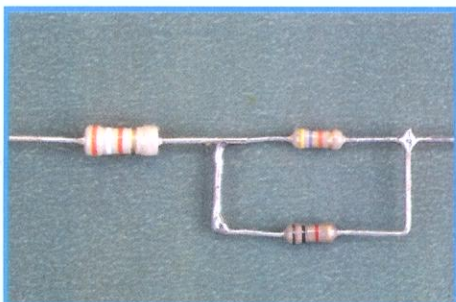



Figura 46 - Associação mista de resistores.

3º) Associação em série-paralelo

Como o próprio nome sugere, tal associação consiste na ligação de resistores em série e em paralelo. Na figura 46, mostramos uma associação em série-paralelo de um resistor em série com uma associação de dois resistores em paralelo.

Esta associação goza das propriedades citadas para as duas outras, já que ela é uma combinação de ambas. Para determinar a resistência equivalente, começa-se resolvendo a associação (ou associações em paralelo), de modo que no fim somente se tenham resistências equivalentes em série. Aí, basta somar os resultados, para determinar a resultante.

Vocabulário

Absorver: Consumir; esgotar.

Aciona: Move.

Adicionar: Juntar; acrescentar.

Arguto: De espírito vivo, engenhoso, sutil; perspicaz

Bojo: Interior de um objeto; saliência arredondada.

Coincidência: Identidade ou igualdade de duas ou mais coisas; simultaneidade de dois ou mais acontecimentos.

Complexos: Que abrangem ou encerram muitos elementos ou partes; complicados.

Computador: Aparelho eletrônico capaz de receber informações, submetê-las a um conjunto especificado e predeterminado de operações lógicas ou matemáticas, e fornecer o resultado dessas operações; cérebro eletrônico.

Danificar-se: Estragar-se.

Depositar: Pôr; colocar.

Disponível: De que se pode dispor, utilizar.

Elucidativo: Esclarecedor.

Eventuais: Casuais; acidentais.

Incombustível: Que não arde, não queima.

Invólucro: Tudo que serve para envolver; envoltório.

Opor-se: Colocar-se em oposição, como impedimento, obstáculo.

Projetista: Pessoa que projeta um aparelho, uma construção, etc.

Receio: Medo.

Rigorosos: Que seguem à risca determinada coisa; inflexíveis.

Semelhante: Parecido.

Submarinos: Que ficam debaixo das águas do mar.

CURSO DE ELETRÔNICA BÁSICA RÁDIO-TV

5.3

3ª LIÇÃO ESPECIAL

CÁLCULOS EM CORRENTE CONTÍNUA

Introdução

Nas lições normais de nosso curso, vimos apresentando as grandezas elétricas tendo como base os fenômenos qualitativos, ou seja, explicamos o porquê dos fenômenos, mas não nos preocupamos em saber em que quantidade eles se manifestam.

É claro que o conhecimento qualitativo é importante, diríamos importantíssimo, porque permite que se entenda como o fenômeno acontece fisicamente. Entretanto, quando se quer tirar proveito do fenômeno que se conhece, não bastam os conhecimentos qualitativos; é necessário que se possa relacioná-lo com as grandezas que nele tomam parte e verificar em que quantidade isso acontece. Em suma, precisa-se saber interpretar o fenômeno quantitativamente. Isto é feito pela fórmula, que nada mais é que a representação matemática daquilo que descrevemos com palavras. Por exemplo: se alguém perguntar o que é um aquecedor elétrico, o aluno certamente responderá que se trata de um dispositivo dotado de um resistor que, ligado a uma diferença de potencial, é atravessado por uma corrente, produzindo aquecimento. Até aí está tudo muito bem, pois o fenômeno foi corretamente descrito. Suponhamos que esse alguém seja mais curioso e pergunte, também, qual é a corrente que passa pelo resistor, ou qual é a quantidade de calor que o aquecedor irradia. Neste caso, há necessidade de cálculos.

Nesta lição especial, vamos mostrar como, se calculam as grandezas mais usuais dos circuitos elétricos de corrente contínua, que são a corrente, tensão, resistência e potência. Quando estudarmos a corrente alternada, voltaremos ao assunto, já esse tipo de corrente tem particularidades que não acontecem em CC.

I - Lei de Ohm

Esta lei é a mais importante da eletricidade, embora seja bastante simples. Seu emprego é obrigatório em todo circuito elétrico. Em nosso curso, embora não a tenhamos mencionado, já a utilizamos algumas vezes. Com seu emprego podemos calcular qualquer uma das três grandezas fundamentais da corrente elétrica - resistência, diferença de potencial ou tensão e corrente - desde que conheçamos duas delas.

O enunciado da lei de Ohm, é o seguinte:

> **"Desde que a temperatura se mantenha constante, a corrente que atravessa um fio é diretamente proporcional à diferença de potencial entre as extremidades do fio".**

Isto significa que, se aumentarmos a diferença de potencial aplicada ao fio, a corrente também aumentará na mesma proporção. Do mesmo modo, se a diferença de potencial diminuir, a corrente também diminuirá.

O aluno pode comparar essa lei com o movimento de água de um rio por exemplo. Se a diferença de altura (nível) entre dois pontos do rio for pequena, a intensidade de corrente de água também o será. Se for aumentada a diferença de nível, aumentará também a corrente.

Suponhamos que no aquecedor citado há pouco circule corrente de 2 ampères, quando o ligamos à tensão de 120 V. Segundo o que afirmamos se a tensão dobrar, ou seja, passar a 240 V, a corrente também dobrará, isto é, passará a 4 A. Do mesmo modo, se á tensão for reduzida à metade, isto é, 60 V, a corrente também se reduzirá na mesma proporção, ou seja, 1 A.

Observamos o seguinte:

1º) Quando a tensão é de 120 V e a corrente de 2 A, a relação entre tensão e corrente é de :

$$120\ V \div 2\ A = 60$$

2º) Passando a tensão para 240 V a corrente passará para 4 A e relação entre tensão e corrente será de:

$$240\ V \div 4\ A = 60$$

3º) Finalmente, se a tensão se reduz a 60 V e a corrente a 1 A a relação entre tensão e corrente será:

$$60\ V \div 1\ A = 60$$

Deste exemplo, salta à vista que a relação , ou seja, a divisão do valor da tensão pelo valor da corrente é um número constante (60, no caso). Essa constante é, como sabemos das lições do curso, o que se chama de resistência do circuito. Podemos, então, escrever o seguinte:

"O valor da voltagem dividido pelo valor da corrente é igual ao valor da resistência".

Ora, essa verdade é quantitativa, porque lida com valores.

Podemos simplificar a linguagem, representando a afirmativa da lei pela expressão:

$$V \div I = R$$

o que constitui uma fórmula matemática e, particularmente, a fórmula da lei de Ohm.

Note o aluno que, quando encontramos:

$$240\ V \div 4\ A = 60\Omega$$

estamos aplicando a lei de Ohm, mas no caso particular do exemplo. Por outro lado, quando escrevemos:

$$V \div I = R$$

estamos generalizando o problema.

Dessa fórmula básica:

$$(1)\quad V \div I = R \text{ ou } \frac{V}{I} = R$$

resultam duas outras, por transposição de letras :

$$(2)\quad I = V \div R \text{ ou } I = \frac{V}{R}$$

$$(3)\quad V = R \times I \text{ ou } V = R.I$$

Note que o sinal . (ponto) é a mesma coisa que o sinal de vezes (X), e o sinal : ou ÷ (de dividir) é igual ao — (traço de fração).

As fórmulas (1), (2) e (3) representam a lei de Ohm e permitem, como já afirmamos, determinar uma das grandezas desconhecidas, quando conhecemos as outras duas. Os exemplos que se seguem esclarecerão melhor a questão.

1º) Uma lâmpada de iluminação é atravessada pela corrente de 2 A, quando ligada à rede de energia de 110 V. Pergunta-se: Qual o valor da resistência da lâmpada?

Solução:

O circuito de ligação seria o que indicamos na **figura 1.**

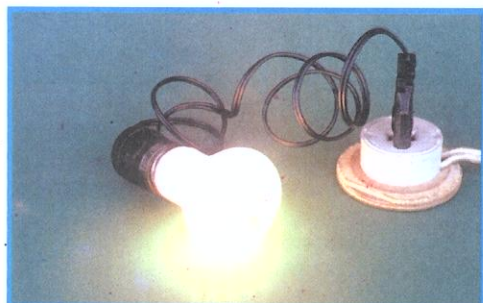



Figura 1 - Exemplo de um circuito e sua representação gráfica.

A tensão, no caso, é a da rede e vale 110 V; logo, V = 110 volts. A corrente que passa pela lâmpada é de 2 A; portanto, I = 2 A. Uma vez que conhecemos a tensão e a corrente, aplicaremos a fórmula (1) e encontraremos a resistência:

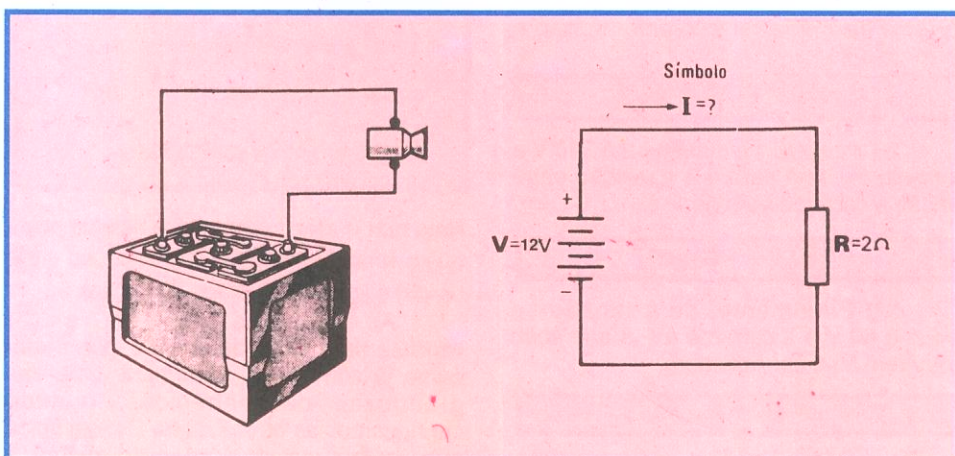
$$R = V \div I = 110 \div 2 = 55\ \Omega$$

Resposta: A resistência da lâmpada é de 55 ohms.

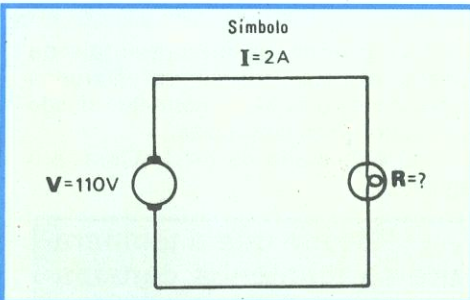
2º) Em um carro, cuja bateria é de 12 volts, instala-se um acendedor de cigarros de resistência igual a 2 ohms. Pergunta-se: Qual é a corrente que o acendedor "puxará"?

Solução:

O circuito é aquele que mostramos na **figura 2.**

Aqui, conhecemos a tensão, que é de 12 volts; logo, V = 12 V; e a resistência do acendedor, que é de 2 ohms; logo, R = 2Ω. Como desejamos conhecer a corrente, utilizamos a fórmula (2), isto é,

$$I = V \div R$$

Substituindo os valores do problema, na fórmula acima, resultará:

$$I = 12\ V \div 2\ R = 6A$$

Resposta: A corrente que circula pelo acendedor é de 6 ampères.

3º) Temos uma bateria e desejamos saber qual o valor da diferença de potencial em seus terminais. Como possuímos somente um medidor de corrente, ligamo-lo em série com um resistor de 10 Ω e aos terminais da bateria, como mostra na **figura 3**. Nestas circunstâncias, o instrumento registra 4,5 A (quatro ampères e meio) . Pergunta-se: Qual o valor da diferença de potencial nos terminais da bateria desconhecida?

Solução:

Sabemos que a resistência R vale 10Ω e que a corrente I é de 4,5 A. Ora, como conhecemos a resistência e a corrente, basta substituir seus valores na fórmula (3), V = R x I, e teremos a solução do problema, ou seja:

$$R = 10\Omega;\ I = 4{,}5\ A;\ e$$

$$V = 10\Omega \times 4{,}5\ A = 45\ volts$$

Resposta: A diferença de potencial nos terminais da bateria desconhecida é de 45 volts.

4º) Possuímos uma lâmpada fabricada para 110 V e queremos ligá-la à rede de 220 V. Sabemos que ligada em 110 V, por ela circula corrente de 0,5 A (meio ampère). Pergunta-se: Que resistência devemos colocar em série com a lâmpada, para que ela funcione normalmente?

Obs.: O aluno deve observar que, se a lâmpada construída para funcionar em 110 V fosse ligada diretamente em 220 V, se queimaria de imediato. Necessita-se, então, de colocar em série um dispositivo que provoque o abaixamento de tensão até o valor de 110 V. Queremos que esse dispositivo seja um resistor. É claro que, se o valor da resistência não for correto, a lâmpada poderá funcionar com tensão superior a especificada e queimar-se (resistência baixa); ou ser alimentada com tensão abaixo do normal e não acender, ou acender com pouco brilho.

Devemos, então, ligar o resistor correto, o que pode ser calculado pela aplicação da lei de Ohm, como veremos a seguir.

Solução:

O circuito é o mostrado na **figura 4.** Queremos saber a resistência; logo a

Figura 3 - Medição de corrente no circuito.

Figura 2 - Circuito de instalação de um acendedor.

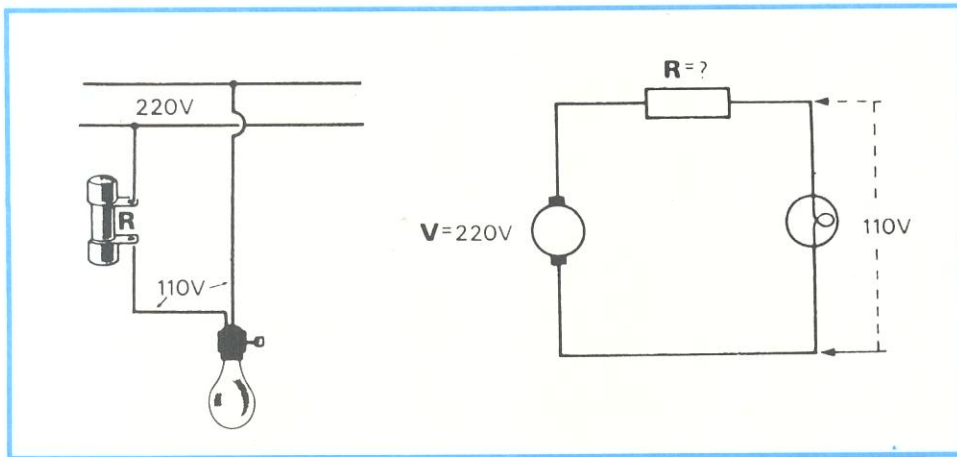



Figura 4 - Ligação de uma lâmpada de 110 V em uma rede de 220 V.

fórmula a ser utilizada é a (1), ou seja,

R= V ÷ I

Conhecemos a corrente, que vale 0,5 A, e precisamos do valor de V, para aplicar a fórmula. Sabemos que a lâmpada deve trabalhar em 110 V. Como dispomos de 220V, o resistor deverá provocar a queda do excesso, isto é, a tensão no resistor deverá ser:

$$V_{resistor} = 220\text{ V} - 110\text{ V} = 110\text{ V}$$

Agora, substituindo o valor de V no resistor e o de I no resistor, que é a mesma corrente da lâmpada, porque resistor e lâmpada estão em série, resulta:

R = 110 ÷ 0,5 = 220Ω

Solução:

O resistor que se colocará em série com a lâmpada deverá ter 220 ohms.

5º) Uma pilha tem força eletromotriz de 1,5 volt (um volt e meio) e resistência interna de 0,1Ω. Pergunta-se: Qual a diferença de potencial nos terminais da pilha, quando a eles é ligada uma carga que tem resistência de 9,9 Ω?

Solução:

O circuito é o que está representado na **figura 5.**

Este problema é resolvido aplicando-se duas vezes a lei de Ohm: uma para calcular a corrente que passa pelo circuito e outra para calcular a queda de potencial na resistência interna da pilha. Finalmente, calculando a diferença entre a força eletromotriz e a queda na resistência interna, obteremos a diferença de potencial nos terminais da pilha.

Teremos, então: Resistência total do circuito = resistência interna da pilha + resistência externa, ou seja:

Rt = 0,1 + 9,9 = 10Ω

A corrente que passa pelo circuito é determinada aplicando-se a fórmula (2), isto é,

I = V ÷ R

Mas, no caso, V é igual à força eletromotriz da pilha e R, a resistência total do circuito; logo:

**I = E (= V) ÷ R (= Rt) =
1,5 V ÷10Ω = 0,15 A**

Figura 5 - Representação do exercício número 5.

Como conhecemos a corrente que passa pela resistência interna da pilha, que é de 0,15 A, bem como o valor dessa resistência, que é de 0,1Ω, podemos aplicar a fórmula (3) da lei de Ohm e calcular a queda de tensão nessa resistência. Resulta:

V= R x I = 0,1 Ω X 0,15 A = 0,015 V (quinze milésimos de volt)

Agora, para determinar a diferença de potencial entre os terminais da pilha, terminais esses que representamos por A e B na figura, bastará calcular a diferença entre a força eletromotriz e a queda na resistência interna, ou seja:

Vab = E - 0,015 = 1,5 - 0,015 = 1,485 V

Resposta: A diferença de potencial nos terminais da pilha é de 1,485 V (um volt e quatrocentos e oitenta e cinco milivolts).

Obs.: Poderíamos ter calculado a diferença de potencial entre os terminais A e B mais rapidamente, aplicando a fórmula (3) para o resistor externo. Faremos isso, abaixo, para verificação do resultado. Temos:

V = R . I

R = 9,9 Ω

I = 0,15 A

Logo:

V = 9,9 x 0,15 = 1,485 V

o que confirma o resultado encontrado.

6º) Vamos considerar o mesmo exercício anterior, mas, agora, admitindo que a resistência interna da pilha seja de 20,1Ω (vinte ohms e um décimo). Desejamos saber qual a diferença de potencial nos seus terminais, neste caso.

Solução:

A solução é exatamente igual a do exemplo anterior. Inicialmente, calculamos a resistência total do circuito:

Rt = 20,1 + 9,9 = 30Ω

Agora, calculamos a corrente do circuito:

I = E ÷ Rt

Como E = 1,5 V e Rt = 30Ω, teremos:

I = 1,5 ÷ 30 = 0,05 A (cinco centésimos de ampère)

Finalmente, multiplicando esse valor de corrente pela resistência externa, teremos a solução procurada:

$V = R \times I = 9,9 \times 0,05 = 0,495$ V
(quatrocentos e noventa e cinco milivolts)

Resposta: A tensão nos terminais da pilha é de 0,495 V.

Este exemplo tem como finalidade explicar quantitativamente o que ocorre quando uma pilha envelhece.

Realmente, o envelhecimento, da pilha se dá com o aumento de sua resistência interna. Quanto maior essa resistência, menor será a corrente no circuito (esta é a lei de Ohm) e, conseqüentemente, menor será a diferença de potencial nos seus terminais.

O aluno deve ter notado que, no 5º exemplo, quando a resistência interna era de 0,1Ω, a diferença de potencial nos terminais da pilha era de 1,495 V, para a carga de 9,9 Ω. Já no 6º exemplo, quando a resistência interna passou a 20,1Ω a diferença de potencial para a mesma carga caiu a 0,495 V, situação em que dizemos que a pilha, para essa carga, está descarregada.

Note o aluno que a pilha do exemplo está descarregada para a carga de 9,9Ω. Se a carga fosse, por exemplo, de 280Ω, a diferença de potencial seria de cerca de 1,4 V (o aluno pode verificar esse valor, como novo exercício), o que significa que a pilha está em boas condições para a carga de 280Ω.

Assim, a mesma pilha está descarregada para uma carga e carregada para outra bem maior. É por esse motivo que as pilhas retiradas de uma lanterna ainda podem funcionar durante algum tempo, em um receptor transistorizado. É que a carga imposta pelo receptor tem resistência muito mais elevada que a imposta pela lâmpada da lanterna.

Esta propriedade é aplicada na verificação da carga de acumuladores, através do voltímetro conhecido como voltímetro de alicate. De fato, se a tensão de uma bateria (acumulador) for medida

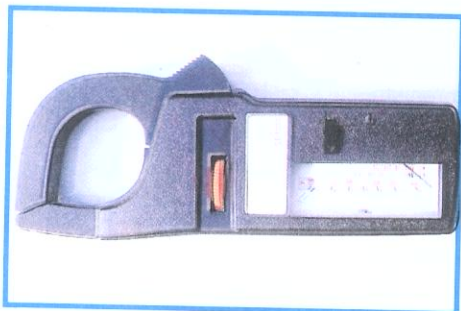



Figura 6 - Voltímetro tipo Alicate.

por um voltímetro comum de elevada resistência interna, ele acusará o valor máximo, mesmo que a bateria esteja praticamente descarregada. Então, para que a leitura do voltímetro mostre, de fato, o estado da bateria, é colocada em paralelo com seus terminais uma resistência de baixo valor, que simule a carga normal com que a bateria trabalha. Na **figura 6**, mostramos o aspecto do voltímetro de alicate.

II - Cálculo de potência

Em eletricidade, freqüentemente, torna-se necessário determinar a potência de um componente. Quando compramos uma lâmpada, um motor, um resistor, etc., temos de indicar a potência do componente. Algumas vezes, o técnico é obrigado a calcular a potência. Esse cálculo, geralmente, também é muito simples e vamos, neste parágrafo, apresentar alguns exemplos que servirão de base para outras aplicações.

O aluno aprendeu que, em eletricidade, se calcula a potência em watts, que um dispositivo consome, multiplicando-se a tensão em volt pela corrente em ampères. Assim, se uma lâmpada de 110 volts é percorrida pela corrente de 0,5 A, calculamos a potência dessa lâmpada multiplicando esses dois valores, ou seja:

Potência em watts = tensão em volts x corrente em ampères

Assim,

110 V X 0,5 A = 55 watts

Exatamente como fizemos com a lei de Ohm, vamos generalizar o cálculo de potência, escrevendo o modo de determiná-la sob a forma de fórmula matemática, isto é,

$$(1)\ P = V \cdot I \text{ ou } P = V \times I$$

Desta fórmula, pela aplicação da lei de Ohm, derivam duas outras. De fato, sabemos que a corrente de um circuito é calculada pela expressão:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{ou} \quad V \div R$$

Então, vamos substituir o valor de I na fórmula de **P**. Teremos:

$$P = V \times I = V \times \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

Logo;

$$(2)\quad P = \frac{V^2}{R}$$

O aluno deve observar que V^2(lê-se: vê ao quadrado) é uma forma de indicar a multiplicação de V por V, do mesmo modo que 2^2 indica a multiplicação de 2 por 2, que dá 4; que 5^2 indica o produto de 5 por 5, que é 25, etc. Por certo, o aluno que não está muito familiarizado com a Matemática estará perguntando: Mas, V multiplicado por V quanto dá, em números?

Respondemos: Depende do valor que V representar no problema . Se V for 110 volts, por exemplo, o valor de V será 110 x 110 = 12 100.

Vamos a alguns exemplos que facilitarão a compreensão do assunto :

1º) Uma resistência de 10Ω é ligada a uma fonte de energia de 100 volts. Pede-se calcular a potência absorvida pela resistência, em watts.

Solução:

Como conhecemos o valor da tensão e o da resistência, substituímo-los na fórmula (2), efetuamos as contas e teremos, afinal, o valor da potência.

Assim:

Fórmula: $P = \frac{V^2}{R}$ **ou** $V^2 \div R$

onde V = 100 volts
R = 10Ω

Mas,

$$V^2 = V \times V = 100 \times 100 = 10\,000$$

Logo,

$$P = \frac{10.000}{10} = 10\,000 \div 10 = 1\,000 \text{ W}$$

Resposta: A potência absorvida pelo resistor (a qual é transformada em calor) é de 1 000 W.

2º) Qual a potência do acendedor de cigarros apresentado no exemplo nº 2, do item 1 (Lei de Ohm) desta lição especial?

Solução:

Do exemplo citado, sabemos que a bateria do carro tem 12 volts, que a corrente que circula pelo acendedor é de 6A e que a resistência é de 2 Ω. Em sendo assim, podemos calcular a potência usando a fórmula (1) ou (2).

a) Pela fórmula (1), temos:

$$P = V \times I$$

Como V = 12 volts e I = 6 ampères,

P = 12V x 6A = 72 watts

Resposta: A potência do acendedor é de 72 watts.

b) Para confirmar o resultado; e como exercício, vamos aplicar a fórmula (2). Teremos:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Como $V^2 = V \times V$ e V =12 volts:

$$V^2 = 12 \times 12 = 144$$

Sendo R = 2 Ω, teremos:

P =144 ÷ 2 = 72 watts, como era de se esperar.

A terceira fórmula da potência deriva de P = V.I, quando se substitui o valor de V dado pela fórmula V = R.I.

Assim, como:

$$P = V \cdot I \text{ e } V = (R \times I)$$

resulta:

$$P = (R \times I) \times I = R \times I^2$$

$$\text{Formula (3)} \quad P = R \cdot I^2$$

Aqui, o número 2 em cima do I, número esse que se chama **expoente**, tem o mesmo significado que mostramos para o V da fórmula anterior, isto é, indica que devemos multiplicar o valor do I por ele mesmo. Assim, se I = 5 A, $I^2 = 5 \times 5 = 25$, se I = 9 A, $I^2 = 9 \times 9 = 81$, e assim por diante.

Exemplos de aplicação da fórmula (3)

1º) Por um chuveiro que tem resistência de 30Ω passa corrente de 10 ampères. Pede-se determinar a potência em watts desse chuveiro.

Solução:

Desde que conhecemos a resistência e a corrente, utilizaremos a fórmula (3). Assim, em

$$P = R \cdot I^2$$

substituindo-se R por 30 Ω e I por 10 A, resultará:

$$P = 30 \times 10^2$$

Como

$10^2 = 10 \times 10 = 100$, fica:

$$P = 30 \times 100 = 3\,000 \text{ W}$$

Resposta: A potência do chuveiro é de 3 000 watts.

2º) Um resistor de rádio, de 100Ω, será percorrido por uma corrente de 0,1 A. Determinar a potência que ele dissipa em calor.

Solução:

Como R = 100 Ω e I = 0,1 A, aplicaremos a fórmula:

$$P = R \times I^2$$

isto é, substituiremos os valores do problema nessa fórmula. Resultará:

$$R = 100$$
$$I^2 = (0{,}1)^2 = 0{,}1 \times 0{,}1 = 0{,}01$$
$$P = 100 \times 0{,}01 = 1 \text{ W}$$

Resposta: A potência dissipada pelo resistor será de 1 W.

Obs.: O aluno tem neste exemplo uma situação muito comum em eletrônica, que é a de calcular a potência que o resistor gasta em calor. Ora, o valor que determinamos é a potência real. Ao comprar um resistor, devemos escolher o de mesma resistência, mas de maior potência, para que ele não aqueça. Essa potência é a que se chama de potência de dissipação nominal, que deve ser duas vezes ou três maior que a calculada. No caso do exercício, compraríamos o resistor com 100Ω e 2 W.

III - Transformação das fórmulas da potência

O aluno aprendeu, no início desta lição, que toda fórmula matemática pode sofrer transformações e ser escrita de outra maneira. Tomamos a fórmula da lei de Ohm como exemplo. Pois bem, as fórmulas que permitem o cálculo da potência também sofrem essas transformações. Desse modo, a fórmula (1), P = V . I, pode ser escrita assim

(a) $P = V \cdot I$

(b) $V = \frac{P}{I}$ ou $P \div I$

(c) $I = \frac{P}{V}$ ou $P \div V$

Portanto, quando temos o valor da tensão e o da corrente, podemos calcular a potência, bastando multiplicar as duas grandezas conhecidas, ou seja, utilizamos a fórmula (a).

Quando conhecemos a potência e a corrente, podemos determinar a tensão, usando a fórmula (b), isto é,dividimos a potência pela corrente. Quando conhecemos a tensão e a potência, podemos calcular a corrente, bastando aplicar a fórmula (c), isto é, dividir a potência pela tensão.

$$P = \frac{V^2}{R} \qquad (2)$$

A fórmula (2) também pode ser escrita de outras maneiras; entretanto, vamos apenas transformá-la para

(d) $$R = \frac{V^2}{P}$$

o que permite determinar o valor da resistência, quando conhecidos o valor da tensão e o da potência. Isso nos permitirá resolver o exercício abaixo, que é bastante comum e ilustrativo.

Exemplo:

Um chuveiro de 2 200 W, 110 volts, foi instalado a 10 metros do quadro de luz, utilizando-se fio nº 18 BS. Pergunta-se:

1º) Qual a corrente no fio ?

2º) Qual a potência que o chuveiro transforma em calor?

3º) Qual a potência perdida no fio, sob a forma de calor?

Solução:

1º) O circuito da instalação é aquele que mostramos na **figura 7.** Para calcular a corrente, devemos conhecer a tensão e a resistência do circuito . **Observe que não podemos aplicar a fórmula**

$$I = \frac{P}{V}$$

porque a tensão V no chuveiro **não é de 110 V, uma vez que há queda de tensão no fio**. Vamos, então, determinar a resistência do circuito. Levando-se em consideração que o fio utilizado tenha a resistência de 21 ohms por quilômetro. Teremos assim, para a distância de 10 metros a resistência de:

$$10 \times 21 \div 1\,000 = 0{,}21\Omega$$

Como temos 20 metros, porque são dois fios, a resistência será:

$$R_{fio} = 2 \times 0{,}21 = 0{,}42$$

A resistência do chuveiro é determinada pela expressão (d), ou seja,

$$R = \frac{V^2}{P}$$

Como V = 110 V, $V^2 = 110 \times 110 = 12\,100$.

Sendo a potência de 2 200 W, resulta:

$$R_{chuv.} = \frac{12\,100}{2.200} = 121 \div 22 = 5{,}5\Omega$$

A resistência total do circuito será a soma da resistência do fio e da resistência do chuveiro, ou seja:

$$R_t = 5{,}5 + 0{,}42 = 5{,}92\Omega$$

Agora, podemos calcular a corrente, pois conhecemos a tensão e a resistência. Aplicando a fórmula de Ohm, temos:

$$I = V \div R$$

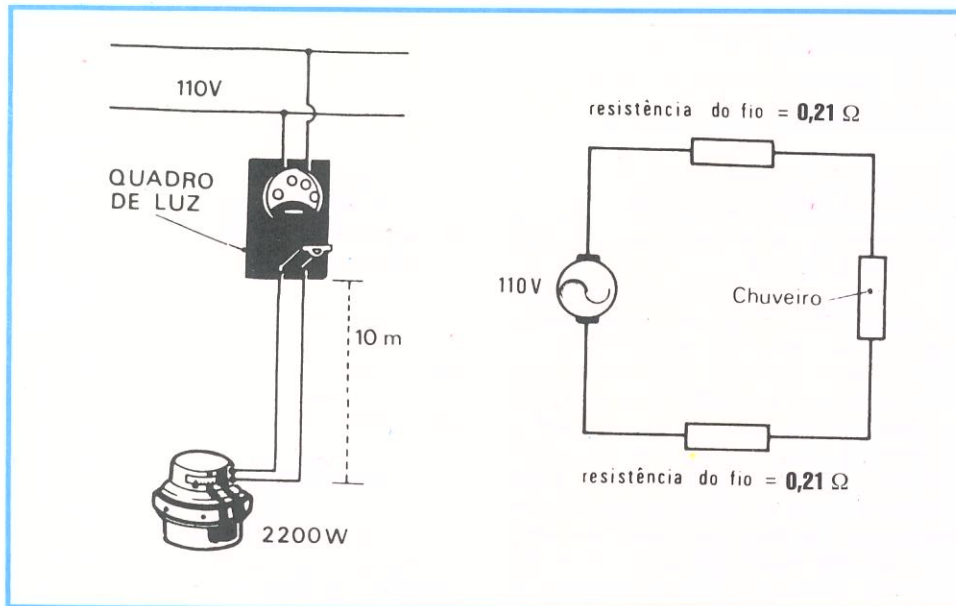



Figura 7 - Exemplo de instalação de um chuveiro.

onde V = 110 V e R = 5,92Ω
Então:

$I = 110 \div 5{,}92 = 18{,}58$ A

que vamos arredondar para 18,6 A.

2º) Podemos determinar a potência que o chuveiro está realmente transformando em calor. Como conhecemos a resistência e a corrente, aplicaremos a fórmula:

$P = R \cdot I^2$

R = 5,5 Ω (resistência do chuveiro)

I = 18,6 A (corrente no circuito)

$I^2 = 18{,}6 \times 18{,}6 = 345{,}96$

Então:

$P_{chuv} = 5{,}5 \times 345{,}96 = 1902{,}78$ W

ou seja, praticamente 1 900 watts.

3º) Aplicando ainda essa mesma fórmula, vamos determinar a potência perdida no fio. Agora,

R = 0,42Ω (resistência do fio)

e I = 18,6 A (corrente que passa tanto pelo fio como pelo chuveiro).

Portanto,

$P_{fio} = R \cdot I^2 = 0{,}42 \times (18{,}6)^2$

Já calculamos $(18{,}6)^2$, obtendo 345,96; portanto,

$P_{fio} = 0{,}42 \times 345{,}96 = 145{,}3032$ W

ou praticamente, 145,3 watts.

Respostas:

1º) A corrente no fio é de 18,6 A.

2º) A potência que o chuveiro transforma em calor é de 1 900 watts.

3º) A potência no fio é de 145,3 watts.

Comentários

Esse exemplo serviu para ilustrar a afirmação que fizemos em outra lição do curso, segundo a qual é desvantajoso usar fio muito fino nas instalações. De fato, do exemplo, podemos concluir que o chuveiro perdeu 300 W de sua potência, pois foi construído para 2 200 W e só fornece 1 900 W; logo, não aquecerá a água como deveria. Por outro lado, os fios da instalação aquecem-se, o que pode ser perigoso. Além disso, eles consumirão potência de 145,3 watts, que será paga para a empresa distribuidora de força, embora seja inútil para o consumidor.

O aluno, por certo, estará indagando: Qual o fio a ser utilizado, então, na instalação ? O mais grosso que existe ?

Responderemos que não se pode usar o mais grosso possível, porque seria anti-econômico; para que se tenha o condutor correto, impomos uma perda razoável de tensão (de 5 por cento, mais ou menos), e calculamos sua resistência e, de posse desse dado, vamos a tabela de fio e determinamos seu tipo.

IV - Transformação de watt em HP e vice-versa

Vimos que existe uma relação entre a potência em watt e em HP, isto é, um HP equivale a 746 watts. Assim, se temos uma potência em HP, basta multiplicar por 746, para transformar o resultado em watts.

Exercício:

Um motor tem sua potência especificada em 3 HP. Quanto valerá essa potência em watts ?

Solução:

3 HP = 3 x 746 = 2 238 watts

Podemos também efetuar a operação inversa, isto é, dada uma potência em watts, transformá-la em HP. Neste caso, basta dividir por 746.

Exercício:

A potência de um motor foi especificada em 373 watts. Quantos HP tem o motor?

Solução

$HP = W \div 746$

Logo,

$HP = 373 \div 746 = 0{,}5$ ou 1/2

Resposta: O motor tem 0,5 HP ou, como se diz na prática, meio HP.

V - Associação de resistores

De um modo geral, os circuitos que aparecem na prática são complexos, isto é, possuem mais de um elemento passivo ou ativo. Para resolver o circuito, devem-se associar esses elementos, até transformar o circuito complexo em outro simples, que contenha uma só fonte e apenas um elemento passivo. Para isso, fazemos associações, tanto de elementos ativos como passivos.

Neste item, vamos dar alguns exemplos de associação de resistências.

a) Resistência em série

Sabemos que,

"na associação de resistências em série, a resistência equivalente ou total é igual a soma das resistências parciais".

Logo, dado um circuito que só tenha resistores, basta somar as resistências, para que se tenha a equivalente. Isso escrito em linguagem matemática vem a ser:

$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$

onde o índice n serve para indicar que é inúmera a quantidade de elementos que podem ser calculados com esta fórmula.

Exercícios:

1º) Um circuito tem 2 resistências: uma de 5Ω e outra de 15Ω. Pergunta-se: Qual a resistência equivalente desse circuito?

Solução:

$R_t = 5 + 15 = 20\Omega$

Resposta: A resistência equivalente é de 20Ω.

2º) Dado um circuito, como o

mostrado na figura 8, calcular a resistência equivalente e a corrente no circuito.

Solução:

a) Como os resistores estão em série, a resistência total será:

$$Rt = 1 + 2 + 3 + 4 = 10\Omega$$

b) Como conhecemos a tensão aplicada ao circuito e sua resistência equivalente, podemos aplicar a lei de Ohm e determinar a corrente. De fato,

$$I = \frac{V}{R} \quad I = \text{ ou } \quad V \div R$$

Como V = 10 V e R = 10Ω, resulta:

$$I = 10\ V \div 10\Omega = 1\ A$$

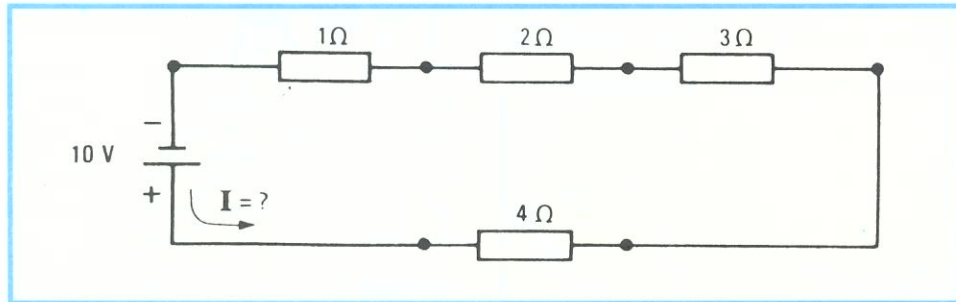



Figura 8 - Circuito base do 2º exercício.

Resposta: A resistência equivalente do circuito é de 10Ω e a corrente que passa por ele é de 1 A.

b) Resistências em paralelo

Quando existem mais de duas resistências em paralelo, a fórmula matemática para a determinação da resistência equivalente fica um pouco complicada. Então, vamos apresentar a fórmula para duas resistências apenas, e aplicá-la várias vezes, quando o circuito tiver mais de duas.

Vimos que na associação em paralelo o inverso da resistência equivalente é igual a soma dos inversos das resistências parciais, ou seja, em linguagem matemática:

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \ldots \frac{1}{Rn}$$

No caso de apenas duas resistências, vem:

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

Essa expressão, após algumas transformações, fica:

$$Rt = \frac{R1\ X\ R2}{R1 + R2}$$

significando que, para encontrar a resistência equivalente de uma associação de duas resistências, devemos multiplicar seus valores e dividir o resultado pela soma dos seus valores.

Exemplos:

1º) Encontrar a resistência equivalente de uma associação de um resistor de 6Ω com outro de 3, ligados em paralelo.

Solução:

Rt = produto dos resistores ÷ soma dos resistores.

O produto é:

$$R1 \times R2 = 6 \times 3 = 18$$

A soma vem a ser:

$$R1 + R2 = 6 + 3 = 9$$

A resistência equivalente será:

$$Rt = 18 \div 9 = 2\Omega$$

2º) Para concluir as explicações dadas nesta lição especial, vamos determinar a resistência equivalente da associação dos 4 resistores indicados na figura 9.

Solução:

Vamos aplicar a fórmula, inicialmente para os resistores de 3 e 6Ω. Vimos, pelo exemplo anterior, que:

$$Rt1 = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 18 \div 9 = 2\Omega$$

Agora, apliquemos a mesma fórmula para os resistores de 12 e 24Ω. Teremos:

$$Rt2 = \frac{12 \times 24}{12 + 24} = 288 \div 36 = 8\Omega$$

O circuito com os resistores equivalentes é o mostrado em b, figura 9. Agora, podemos resolver essa associação e encontrar a solução pedida. Assim:

$$Rt = \frac{Rt1 \times Rt2}{Rt1 + Rt2} = \frac{2 \times 8}{2 + 8} = 16 \div 10 = 1{,}6\Omega$$

Conclusão: Podemos substituir o circuito dos quatro resistores por um resistor único de 1,6Ω

Por este exemplo, o aluno verifica que é possível calcular a resistência equivalente de qualquer associação em paralelo, aplicando a expressão para apenas duas, o número de vezes necessário.

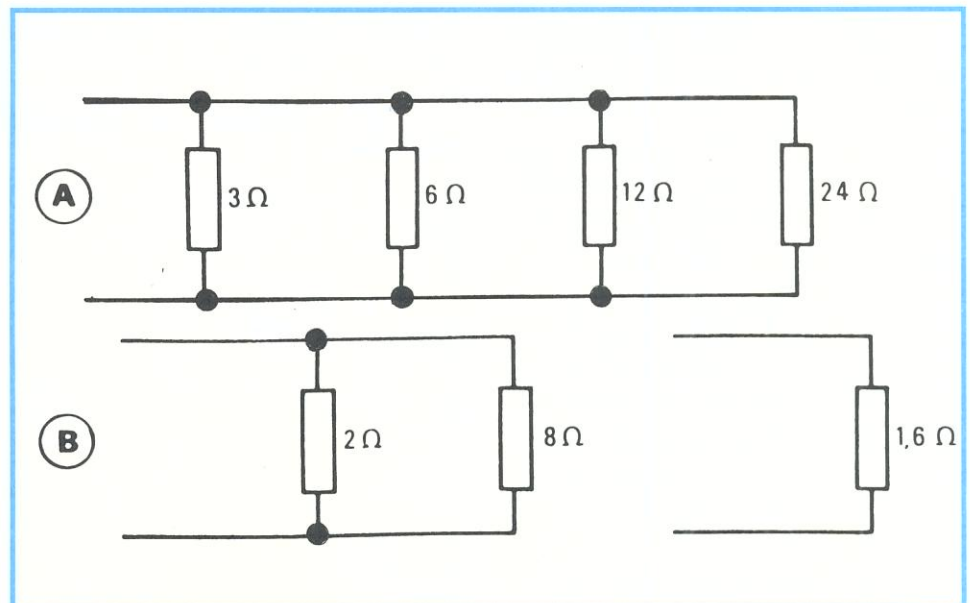



Figura 9 - Simplificação de uma associação em paralelo.

CURSO DE ELETRÔNICA BÁSICA RÁDIO-TV

4ª LIÇÃO ESPECIAL

ACESSÓRIOS USADOS EM RADIOTÉCNICA (1ª PARTE)

Introdução

Quando nos deparamos com o desenho esquemático de um dispositivo eletrônico tal como o rádio, o televisor, o amplilicador, etc., podemos tirar desse esquema uma série de conclusões importantes sobre seu funcionamento elétrico e, também, verificar a quantidade e os valores dos componentes que formam o aparelho. Entretanto, o esquema elétrico não indica os detalhes mecânicos, tais como a maneira de fixar os componentes, como se faz o manejo das partes móveis, como conduzir as correntes, etc. Esses componentes, que, não sendo fundamentais para o funcionamento do circuito, facilitam a montagem e a operação do dispositivo, são chamados de **acessórios**.

Nesta lição especial, apresentaremos ao aluno alguns dos acessórios mais importantes usados em radiotécnica.

a) Chassi

Chama-se de **chassi** o elemento que serve de suporte e proteção aos componentes do circuito. Atualmente, são utilizados dois tipos de chassi: **o convencional** e o de **circuito impresso**.

1 - Chassi convencional

Denominamos de convencional o chassi metálico, ou seja, feito de uma chapa metálica. Os metais mais utilizados na confecção do chassi são o ferro e o alumínio, sendo possível usar, também, o zinco e o cobre, embora esses metais sejam relativamente caros.

O mais comum é fabricar o chassi de chapa de ferro que, posteriormente, sofre tratamento de superfície, isto é, a chapa de ferro é recoberta com uma fina camada de cobre, zinco, estanho ou cádmio.

O recobrimento tem por finalidade evitar a oxidação da chapa, ou seja, o seu enferrujamento, e também facilitar a soldagem.Os chassis metálicos são usados sempre que os componentes por eles sustentados são pesados e/ou de grande porte. Nas montagens de aparelhos que funcionam com transistores de potência e seus dissipadores, podem ser empregados chassis metálicos, embora seja mais comum a utilização de circuitos impressos.

As principais vantagens do chassi metálico são descritas a seguir:

- são fortes e resistentes;

- podem ser usados como condutores de eletricidade;

- podem ser trabalhados, isto é, furados e dobrados com facilidade.

Na figura 1, apresentamos um chassi metálico para ser usado em

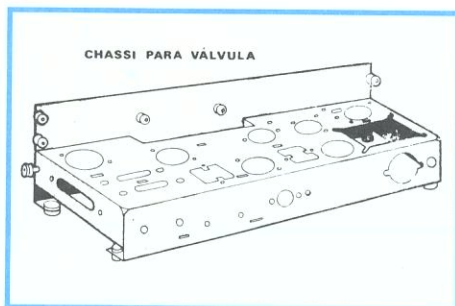



Figura 1 - Chassi metálico para circuitos valvulados.

montagens valvuladas. Devemos acrescentar que o chassi metálico que antigamente era destinado à montagem transistorizada apresenta um porte menor (menor tamanho), sendo constituído com chapa mais fina, se comparado com o chassi empregado nas antigas montagens valvulares. Se formos montar um rádio transistorizado, poderemos utilizar um chassi muito menor e bem mais leve, pois os componentes para este são menores e mais leves, como veremos a seguir.

2 - Chassi de circuito impresso

O circuito impresso surgiu há algum tempo ou, mais precisamente, durante a última guerra mundial, para utilização em equipamentos móveis de comunicação. Suas vantagens sobre o chassi convencional eram: facilidade na fiação (montagem), confiabilidade e assistência técnica rápida e eficiente. Embora apresentasse essas vantagens, o circuito impresso foi esquecido até a década de 1950, em razão dos volumosos componentes de então. De 1950 em diante, com a invenção do transistor, houve o renascimento do circuito impresso, já que tanto os transistores, como os componentes que a eles se associam são de reduzidas dimensões

Por circuito de fiação impressa, ou simplesmente circuito impresso, entende-se uma chapa de resina plástica, tal como ferolite, isolite, ebonite, etc., sobre a qual é colada uma película de cobre que servirá de condutora da corrente elétrica, substituindo os fios de ligação convencionais. As chapas para circuito impresso recebem nomes comerciais, tais como isolite cobreada, fenolite cobreada, "copper clad", "celeron", etc., de acordo com a firma que as produz.

Os circuitos de fiação impressa têm sobre os chassis convencionais a grande vantagem de ser mais baratos, mais leves, de acabamento uniforme e, principalmente, de facilitarem a montagem, o que permite grande economia nas linhas de produção.

O circuito impresso tem a desvantagem de não permitir dobras, porém mas podendo ser furado com facilidade.

A produção industrial de circuito de fiação impressa se faz por processo fotográfico e químico, que exige maquinaria especial. Todavia, para as experiências e montagens individuais, é possível a construção caseira e fácil de um chassi de fiação impressa, como ensinamos no passo a passo do exemplar nº 1.

b) Condutores

Todos os circuitos elétricos ou eletrônicos têm seus componentes ligados uns aos outros. Essas ligações são conseguidas através dos condutores em forma de fio, exceto no circuito impresso, que já estudamos. Os fios devem ser de boa condutibilidade elétrica, para não introduzir perdas nas ligações, e ser maleável, isto é, flexível. Dos metais, os mais usados como condutores são o cobre e o alumínio. Este último só é usado em eletrotécnica; em eletrônica não, em virtude da dificuldade para soldá-lo.

Maiores detalhes sobre os tipos de fios mais utilizados no ramo da eletrônica poderão ser apreciados nas lições especiais dos fascículos 1 e 2.

c) Conectores

Chamam-se de conectores os dispositivos que têm por finalidade ligar ou desligar componentes eletrônicos de maneira semipermanente. Dentre os conectores existentes, os mais utilizados em eletrônica são:

1 - Plugues e soquetes (tomadas)

Figura 2 - Plugue de cabo de força.

Figura 3 - Conector para interligar placas de circuito impresso.

Figura 4 - Soquete para válvulas.

O plugue é um tipo de conector geralmente em forma de pino redondo ou chato, que se encaixa em uma base adequada, chamada de soquete.

Um plugue muito comum é aquele usado no cabo de alimentação, o qual serve para interligar o aparelho à tomada (soquete) da parede. Na figura 2, representamo-lo, embora o aluno já o conheça de sobejo. Em 3, mostramos um tipo de conector bastante utilizado na interligação de circuitos impressos. O número de pinos e encaixes pode variar bastante, dependendo da necessidade.

Na figura 4, apresentamos um tipo de soquete usado para a ligação de válvulas. Esse tipo, na realidade, não se caracteriza como conector, sendo chamado, na prática, de soquete. Em 5, mostramos outro tipo de conector, utilizado principalmente na ligação de cabo coaxial.

É usado para ligações entre estágios e em instrumentos de laboratório que atuam em freqüências altas. Em ambos os tipos mostrados, o plugue é

Figura 5 - Conector para cabo coaxial.

Figura 6 - Antigo conector e plugue para comutação de voltagem.

enroscado na tomada, sendo que em um deles a ligação é feita por contato e no outro pela introdução do macho. Em 6, mostramos um tipo de plugue e tomada que se usavam para mudar voltagens. É conhecido como tomada de mudança de voltagem.

2 - Plugues e jaques

Figura 7 - Plugue e jaque para fone.

Figura 8 - Como ligar um conector.

Há tipos especiais de plugues desenhados para aplicação em audiofreqüência, para ligação de

Figura 9 - Plugue e jaque para microfone e instrumentos musicais.

Figura 10 - Plugue e jaque tipo RCA.

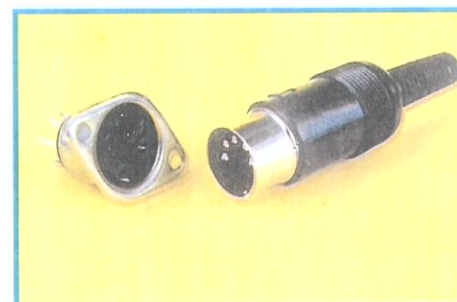



Figura 11 - Plugue e jaque tipo DIN.

fonocaptores, microfones, fones, etc. A tomada de tais tipos é denominada de jaque. Na figura 7, mostramos o plugue e o jaque, conhecido como plugue para fone.

O esquema de plugue para fone é o que mostramos em 8. Como o aluno nota, ao introduzir a luva no jaque, sua ponta faz contato com o terminal curvo e desfaz a ligação com o terminal reto. Assim, desliga-se o alto-falante e liga-se o fone diretamente ao transformador de saída. Isso está mostrado em B, onde representamos o alto falante ligado.

O plugue é chamado de macho e o jaque, de fêmea. Na figura 9, mostramos o plugue e jaque para microfone, que diferem do plugue e jaque para fone somente no tamanho, que é um pouco maior.

Nas figuras 10 e 11, mostramos os plugues e jaques mais usados na ligação de fonocaptores. Em 10, temos o tipo conhecido como RCA; em 11, o tipo DIN.

INSTITUTO UNIVERSAL BRASILEIRO
1941
ENSINO A DISTÂNCIA